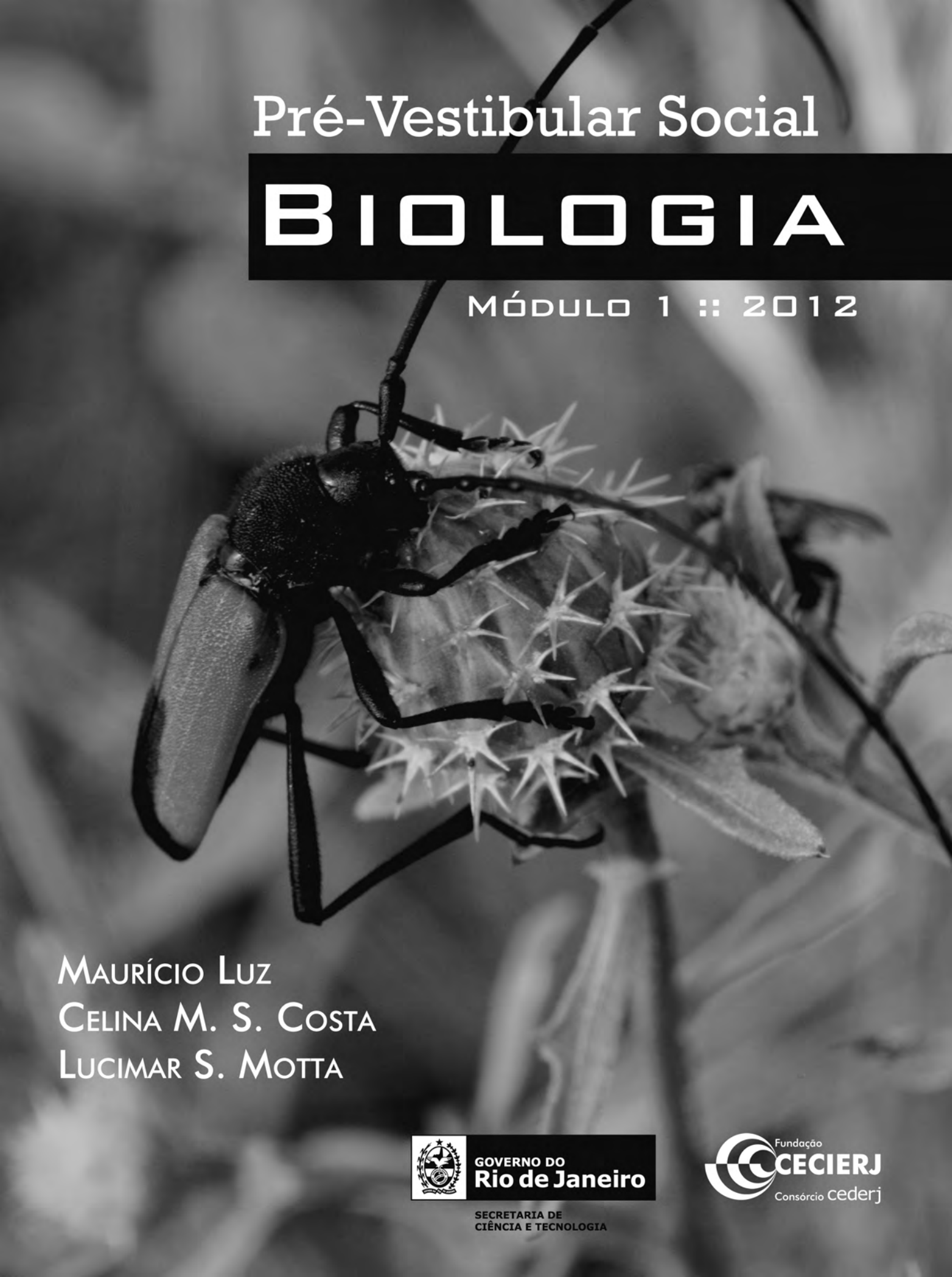


Pré-Vestibular Social

BIOLOGIA

MÓDULO 1 :: 2012

MAURÍCIO LUZ
CELINA M. S. COSTA
LUCIMAR S. MOTTA

GOVERNO DO Rio de Janeiro
SECRETARIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Fundação CECIERJ
Consórcio cederj

Fundação Cecierj
Pré-Vestibular Social

Biologia

Maurício Luz
Celina M. S. Costa
Lucimar S. Motta

4ª edição
revisada e ampliada

Módulo 1
2012

GOVERNO DO Rio de Janeiro
SECRETARIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Fundação CECIERJ
Consórcio cederj

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador
Sérgio Cabral

Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia
Alexandre Cardoso

Fundação Cecierj

Presidente
Carlos Eduardo Bielschowsky

Vice-Presidente de Educação Superior a Distância
Masako Oya Masuda

Vice-Presidente Científica
Mônica Damouche

Pré-Vestibular Social

Rua da Ajuda 5 - 16º andar - Centro - Rio de Janeiro - RJ - 20040-000
Site: www.pvs.cederj.edu.br

Diretora
Maria D. F. Bastos

Coordenadores de Biologia
Maurício Luz
Celina M. S. Costa
Lucimar S. Motta

Material Didático

Elaboração de Conteúdo
Maurício Luz
Celina M. S. Costa
Lucimar S. Motta

Revisão
Patrícia Sotello Soares

Capa, Projeto Gráfico, Manipulação de Imagens e Editoração Eletrônica
Renata Vidal da Cunha

Foto de Capa
Francesc Toldrà

Copyright © 2012, Fundação Cecierj
Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

L979p
Luz, Maurício.
Pré-vestibular social : biologia. v. 1 / Maurício Luz; Celina M. S. Costa; Lucimar S. Motta. – 4. ed. rev. ampl. – Rio de Janeiro : Fundação CECIERJ, 2012.
120 p. ; 20,5 x 27,5 cm.

ISBN: 978-85-7648-814-9

1. Biologia. 2. Seres vivos. I. Costa, Celina M. S. II. Motta, Lucimar S. III. Título.

CDD 570

Sumário

Capítulo 1 5
Introdução à Biologia: funções vitais

Capítulo 2 9
Organização do mundo vivo

Capítulo 3 13
Macro e Micronutrientes

Capítulo 4 19
As vitaminas e os sais minerais

Capítulo 5 21
As outras funções das proteínas

Capítulo 6 23
As necessidades nutricionais humanas

Capítulo 7 27
Energia e os seres vivos

Capítulo 8 31
Competição

Capítulo 9 39
Relações ecológicas

Capítulo 10 43
Sociedade e meio ambiente

Capítulo 11 47
Evolução

Capítulo 12 53
Especiação

Capítulo 13 59
Composição química dos seres vivos

Capítulo 14
Uma molécula orgânica especial: a proteína 65

Capítulo 15
Proteínas muito especiais: as enzimas 69

Capítulo 16
Digestão e nutrição 75

Capítulo 17
Circulação e respiração humanas 81

Capítulo 18
Excreção 87

Capítulo 19
Os diferentes tipos de reprodução 91

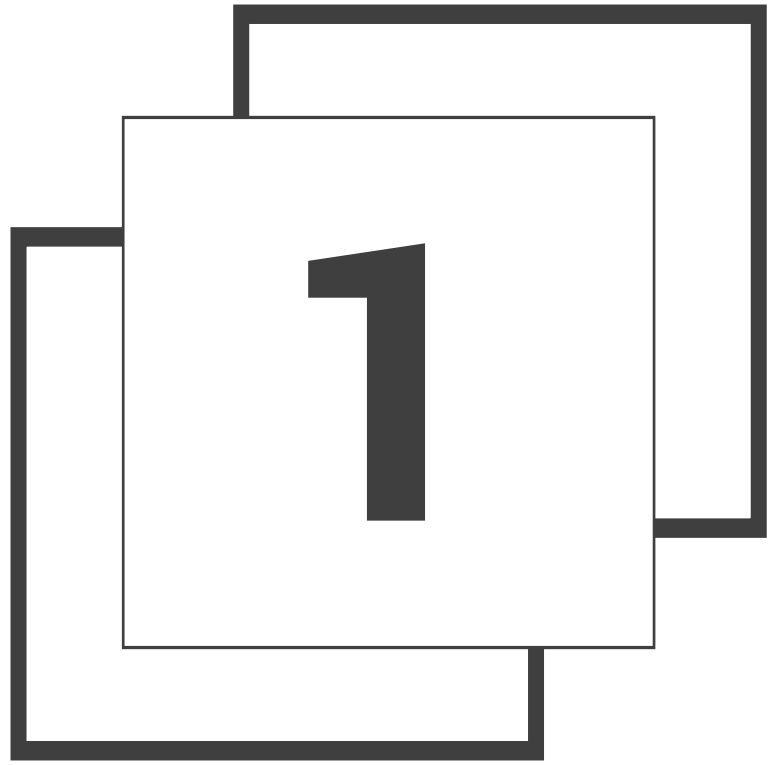
Capítulo 20
A reprodução humana 95

Capítulo 21
Métodos contraceptivos 101

Capítulo 22
O ADN e sua importância para a hereditariedade I 105

Capítulo 23
O ADN e sua importância para a hereditariedade II 109

Capítulo 24
Exercícios de revisão 113



Introdução à biologia: funções vitais

:: Objetivo ::

• Compreender, de forma geral, algumas das funções biológicas que caracterizam os seres vivos, especialmente os vertebrados.

Introdução

Nesta primeira aula discutiremos algumas funções que caracterizam os seres vivos. Por caracterizarem a vida, estas funções são denominadas **funções vitais**. Nosso foco estará voltado inicialmente para os pluricelulares, ou seja, os seres vivos formados por mais de uma célula (centenas, milhares, milhões ou mesmo bilhões delas). No entanto, é bom não esquecer que os organismos unicelulares (formados de uma única célula) também realizam as mesmas funções a que nos referiremos em seguida.

Mesmo os organismos pluricelulares são muito diferentes entre si. Na verdade, na classificação biológica não existe um grupo que inclua todos os pluricelulares. Isso porque existem plantas, fungos e animais pluricelulares e cada um destes grupos tem histórias evolutivas muito diferentes.

Para iniciar nosso estudo nos concentraremos em um grupo específico de pluricelulares, os animais vertebrados (denominados *Chordata*, na classificação biológica). De fato, trataremos em nossa aula de um grupo ainda mais restrito de vertebrados, os mamíferos. Faremos isso porque é o grupo ao qual pertence a espécie humana. Por isso mesmo, tratar das funções vitais usando nosso próprio organismo como exemplo facilitará muito a compreensão dos conceitos que iremos apresentar. Ao longo do curso, porém, nos aprofundaremos no caso de algumas dessas funções e discutiremos como elas ocorrem em outros tipos de seres vivos.

As Funções Vitais

Se você parar por alguns momentos para pensar, será capaz de imaginar uma lista de "coisas" que precisam acontecer para que você se mantenha vivo. A lista irá crescer um pouco mais se você incluir nela o que aprendeu em Ciências e Biologia na escola. Estas "coisas que precisam ocorrer" para que a vida continue são, em muitos casos, aquilo que denominamos de nossas funções vitais. Se uma delas para de ocorrer, em alguns casos por pouco tempo (minutos) ou por períodos mais longos (dias) nosso organismo enfrenta problemas e, geralmente, morre. É exatamente esta abordagem que pretendemos utilizar ao longo desta aula.

Comecemos por uma função que não pode ser interrompida por mais do que uns poucos minutos: a respiração. Quando inalamos o ar (inspiramos) este ar que entra pelas nossas narinas passa por várias estruturas e órgãos até chegar aos pulmões. O ar é uma mistura de gases, o que quer dizer que é composto por muitos tipos de gases diferentes. O gás mais abundante na atmosfera da Terra, o nitrogênio, não tem muita importância para a nossa respiração. Porém, o segundo mais abundante, o oxigênio, é fundamental para nossa sobrevivência. Quando o ar inalado chega aos pulmões, mais especificamente a estruturas denominadas de alvéolos pulmonares, uma quantidade grande de oxigênio do ar passa para o sangue.

Naturalmente, os pulmões não escolhem os gases que passam para o sangue. Como você sabe, se um indivíduo permanecer em um ambiente fechado no qual haja um vazamento de gás de cozinha, este gás passará também para o sangue, causando intoxicação ou mesmo a morte de quem o inalar. Este é um conceito importante, ao qual voltaremos em aulas futuras: os organismos possuem várias superfícies de troca, através das quais gases, líquidos e substâncias diversas passam do interior do corpo para o ambiente externo e viceversa. Como veremos, as trocas acontecem nos dois sentidos.

Em geral as substâncias que entram e saem o fazem porque estão em maior quantidade de um lado da superfície de troca do que do outro. Em nossos alvéolos pulmonares, por exemplo, tanto passa oxigênio do ar para o sangue, quanto no sentido contrário. Porém, a quantidade de oxigênio no ar é muito maior do que aquela existente no sangue que chega aos pulmões. Já a quantidade de oxigênio dissolvido no sangue é pequena, e por isso não há como ocorrer uma passagem grande deste gás no sentido sangue $\rightarrow$ ar inalado. Por isso mesmo a passagem de oxigênio no sentido ar $\rightarrow$ sangue é maior do que aquela que ocorre no sentido contrário. Assim, o sangue que circula ao redor dos pulmões recebe grande quantidade de oxigênio vindo do ar. Mas para que serve este oxigênio? Para encontrar a resposta a esta pergunta teremos de observar o que acontece em outra superfície de troca de nosso corpo: o sistema digestório. Guarde a ideia de que o sangue chega aos pulmões com pouco oxigênio e sai deles com grandes concentrações deste gás. Voltaremos a ela depois.

Os alimentos que ingerimos são compostos de partes de outros seres vivos. Isso vale para um bife (preparado a partir da carne de um animal) e uma salada (composta de folhas e frutos de plantas). Até mesmo alimentos preparados com muitos ingredientes, como um bolo, por exemplo, são feitos de partes de outros seres vivos: farinha (trigo ou milho moído), manteiga (derivada do leite) ou margarina (produzida de partes de plantas), ovos de galinha e açúcar (produzido a partir da cana). Evidentemente os componentes desses alimentos serão essenciais para que o organismo cresça (pelo menos até uma certa idade), recomponha suas partes (caso de uma ferida que cicatriza ou de cabelos e unhas que crescem). É claro, porém, que nem todos os componentes do corpo humano são rigorosamente iguais aos dos seres vivos (ou partes deles) que ele ingere. Os alimentos que ingerimos são muitas vezes compostos de moléculas muito grandes. Quando dizemos grandes, temos de pensar na escala a que nos referimos. Todas as moléculas são muito pequenas e invisíveis a olho nu. Mesmo as células, compostas de bilhões de moléculas, são microscópicas. Porém, as moléculas, assim como os seres vivos, possuem tamanhos muito diferentes. Afinal, assim como tanto elefantes como camundongos são mamíferos, também as moléculas podem ser muito diferentes.

Os alimentos que ingerimos são desmontados (ou quebrados) ao longo do sistema digestório. Ou seja, à medida que passam da boca ao esôfago, deste para o estômago e daí para o intestino, as moléculas grandes presentes nos alimentos vão sendo quebradas em moléculas cada vez menores. Mal comparando, se imaginarmos uma molécula como se fosse uma palavra, durante a digestão ela seria quebrada em sílabas e depois em letras (veja a figura 1.1).

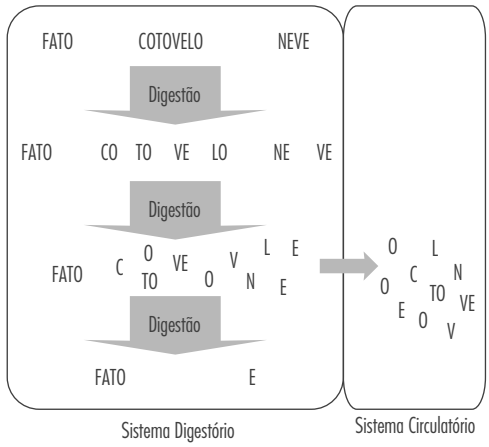


Figura 1.1

Uma grande parte destas letras e mesmo pequenas sílabas, ou seja, as moléculas pequenas passam do interior dos intestinos para a os vasos sanguíneos (ou, mais simplesmente, para o sangue). Essas moléculas pequenas serão utilizadas em nossas células na realização de diversas atividades. Por exemplo, as moléculas que compunham os nutrientes podem ser novamente unidas em nova ordem, formando moléculas grandes, que se tornam componentes do organismo humano. Lembrem, por exemplo, dos cabelos e unhas que crescem sem parar. Cabelos e unhas são feitos de proteínas, mas obviamente as proteínas de unhas e cabelos humanos são diferentes das de outros animais. A maioria dos seres humanos produz cabelos e unhas sem ingerir nenhum deles. Da mesma maneira, quando uma pessoa engorda (ou ganha peso) ela está acumulando gordura (entre outros componentes) em seu corpo. Além disso, algumas células morrem e outras se duplicam diariamente no organismo humano. Os cabelos, unhas, gorduras e componentes das novas células em sua maior parte, são produzidos a partir dos nutrientes obtidos dos alimentos ingeridos (veja a figura 1.2).

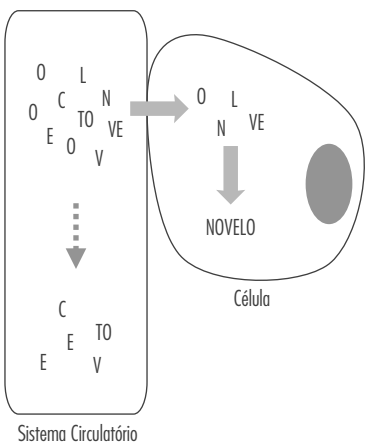


Figura 1.2

Alguns nutrientes que ingerimos, porém, podem ser utilizados na produção de energia pelas células. Essa produção de energia depende muitas vezes, mas não sempre, da utilização do oxigênio em reações químicas. Essa produção de energia é essencial para quase todos os processos que ocorrem em nosso organismo, desde a contração do músculo do coração humano até a transmissão de estímulos pelo sistema nervoso. Juntando as duas coisas de que falamos até aqui, portanto, o oxigênio que havia passado para a corrente sanguínea é utilizado, juntamente com alguns tipos de nutrientes, para a produção de energia pelas células (veja a figura 1.3). Esse importante processo de produção de energia a partir dos nutrientes com utilização de oxigênio é chamado de respiração celular. Note que também chamamos de respiração a troca de gases que ocorre nos pulmões, mas a respiração celular é outro processo, relacionado a esta troca, mas diferente dela.

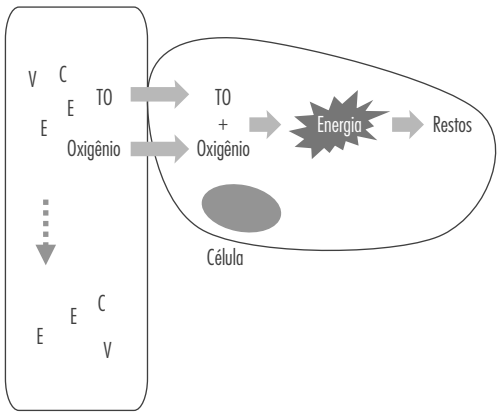


Figura 1.3

Vale destacar aqui que um mesmo tipo de nutriente pode ser utilizado para diferentes funções. Assim, ele pode servir para produzir energia em uma célula e para compor a estrutura de uma outra. Na verdade, em uma mesma célula um mesmo nutriente, pode servir em momentos diferentes para a produção de energia ou para construir uma parte daquela mesma célula. Vemos assim que a digestão, fornecendo os nutrientes, e a respiração, cedendo o oxigênio para a respiração celular, se encontram graças à circulação sanguínea.

O processo de respiração celular produz, porém, pelo menos dois tipos de restos (resíduos): o gás carbônico e a água. Os diversos tipos de transformação de moléculas também geram restos no interior das células. Estes resíduos são, muitas vezes, compostos de moléculas extremamente tóxicas para o organismo. Assim, à medida que as reações químicas essenciais à sobrevivência ocorrem no interior das células de um organismo, inúmeros resíduos vão sendo lançados no sangue. A vida só pode prosseguir normalmente se estes resíduos forem eliminados, ou seja, colocados para fora do organismo. Essa eliminação de resíduos é denominada de excreção. No organismo humano os resíduos são eliminados por dois processos principais. Quando o sangue contendo grandes concentrações de gás carbônico passa pelos pulmões, uma grande parte desse gás atravessa rapidamente as superfícies dos tecidos que lá existem e passa para o ar. Quando o ar é expelido, contém, portanto, grande parte do gás carbônico produzido em consequência da respiração celular. Outros gases e substâncias voláteis (que evaporam facilmente) que estejam em grande quantidade no sangue também podem ser eliminados pelos pulmões e lançados no ar que será expirado. Muitos tipos de restos não são gases e dificilmente podem ser eliminados pelos pulmões. É aí que entram os rins.

Quando o sangue passa pelos rins, uma grande parte das substâncias presente no sangue passa para o outro lado da superfície de trocas que lá existe. Dessa forma, os rins formam uma solução rica em resíduos, mas também em nutrientes. Felizmente existem nos rins diversos processos que permitem transportar de volta para o sangue a maior parte dos nutrientes, deixando do lado

de fora os resíduos, uma grande quantidade de sais e, sobretudo água, muita água. A solução final produzida nos rins é denominada urina, e o processo que leva à expulsão de resíduos e excesso de sais do organismo é denominado de excreção. A circulação, portanto, integra também a respiração celular e o metabolismo das células à excreção, pois transporta os resíduos até os pulmões e os rins, de onde eles são eliminados. Há ainda outras formas de eliminação de resíduos do organismo. Algumas células do sangue, quando morrem, são destruídas e produzem substâncias muito tóxicas. Esses restos são lançados pelo fígado no interior do sistema digestório. Eles, juntamente com as partes não digeridas (ou não absorvidas, apesar de digeridas) dos alimentos irão compor as fezes ou excrementos, que são eliminadas ao final do processo. É preciso, portanto, entender que existe uma diferença entre excrementos (restos da digestão) e as excretas (produtos do metabolismo, que são excretadas em geral na urina, como vimos), ainda que os excrementos contenham também alguns tipos de resíduos do metabolismo.

O resumo das informações que apresentamos sobre as funções vitais está esquematizado na figura 1.4. Note que, para facilitar, utilizamos pequenos desenhos, como quadrados e triângulos, para representar as diferentes moléculas. Analise com atenção aquela figura, consulte novamente o texto e as figuras anteriores, para ter certeza de que compreendeu as principais informações sobre cada função e a maneira como elas se integram no organismo humano.

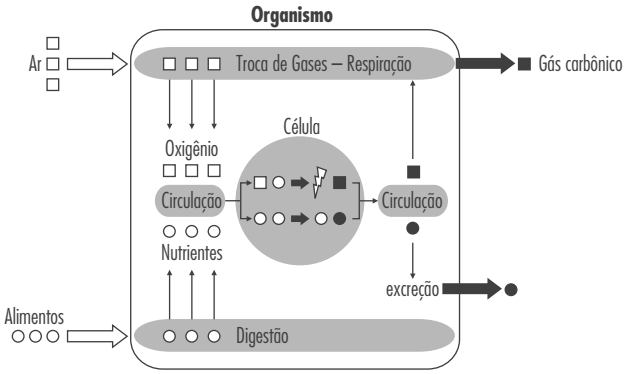


Figura 1.4

Como você deve ter notado, as diversas funções vitais estão muito ligadas entre si. Se alguma dessas funções apresenta problemas, esses problemas irão se refletir nas outras.

Os seres vivos possuem diversos mecanismos de regulação das funções vitais, que permitem, muitas vezes, que algumas delas se adaptem e compensem o problema de outras. Assim, dificuldades respiratórias podem ser compensadas por alteração na circulação (aumento da velocidade com que o coração bate ou dilatação dos vasos sanguíneos).

O organismo também é capaz de se adaptar a situações fisiológicas diferentes, alterando para isso algumas de suas funções. Um exemplo fácil que vivemos diariamente se dá durante o exercício físico. Quando corremos, por exemplo, respiramos mais rapidamente e o ritmo do coração também se acelera. Isso se deve, é claro, à maior necessidade de energia de todo o organismo, em especial dos músculos. Essa energia muitas vezes demanda mais oxigênio para ser produzida. A respiração mais intensa permite que mais oxigênio chegue ao sangue e as alterações no sistema circulatório levam esse oxigênio mais rapidamente e em maior quantidade aos músculos e outros órgãos que necessitam dele. As funções vitais se adaptam às necessidades dos organismos em grande parte devido à capacidade dos diferentes órgãos, tecidos e células se comunicarem. Essa comunicação pode ser dar por meio do sistema nervoso e de hormônios, e, mais comumente, graças à ação sincronizada desses dois elementos.

Exercícios

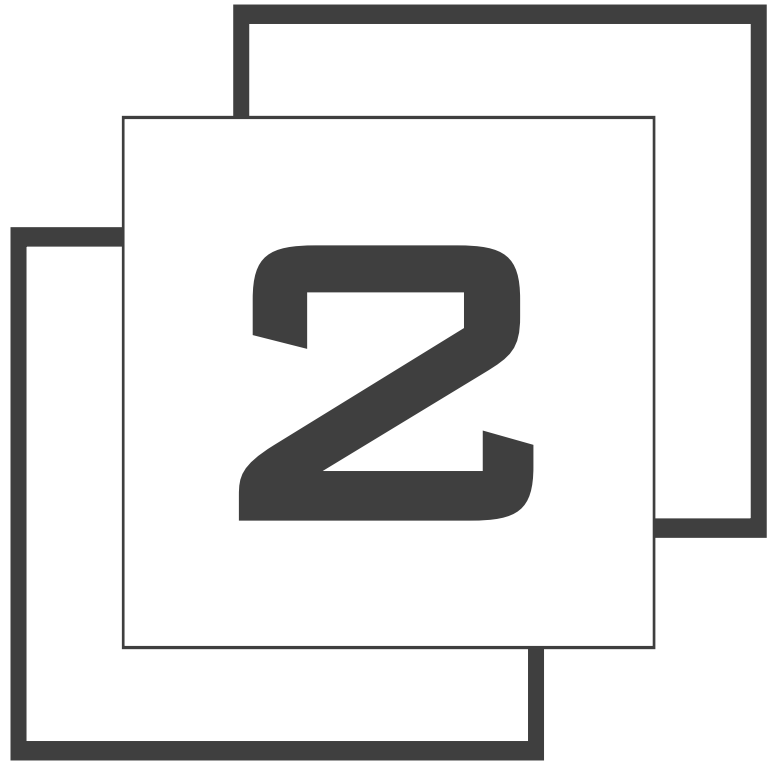
1) *A ingestão de bebidas alcoólicas por motoristas de veículos automotores como carros, ônibus e caminhões é responsável por milhares de mortes por ano somente no Brasil. Mesmo bebidas consideradas leves como cerveja e vinho, ainda que ingeridas em quantidades que as pessoas consideram inofensivas, tornam os reflexos dos motoristas mais lentos e suas ideias mais confusas, contribuindo para uma parte considerável das mortes que ocorrem nas ruas e estradas de nosso país. Essas mortes poderiam ser evitadas se os motoristas não bebessem bebidas alcoólicas antes de dirigir.*

Para identificar motoristas sob efeito de álcool, utiliza-se um aparelho apelidado pela população de "bafômetro". O motorista deve expirar por um tubo ligado ao aparelho. Pela composição do ar expirado o "bafômetro" determina a concentração de álcool no sangue do motorista, permitindo ao policial saber se ela está dentro dos limites permitidos por lei.

Explique porque é possível identificar a presença de álcool no sangue a partir do ar expirado, mesmo sabendo-se que o álcool foi ingerido em bebidas e não inalado.

2) Escreva um texto de no máximo 15 linhas, identificando as funções vitais e as relações entre elas.

3) Explique com suas palavras o que deve acontecer com uma pessoa cujos rins deixam de funcionar.



Organização do mundo vivo

:: Objetivo ::

- *Compreender a organização do mundo vivo.*

Introdução

A Biologia, como você sabe, é a Ciência que se dedica ao estudo da vida. Como todas as ciências, a Biologia pode ser subdividida em muitas outras. Nos próximos capítulos estudaremos algumas dessas subáreas tais como: Ecologia, Evolução e Fisiologia. Antes, porém, começaremos por definir nosso objeto mais amplo de estudo, a Biologia.

Definindo Vida

A tarefa a que estamos nos propondo não é simples. Todos acreditamos que sabemos distinguir um ser vivo da matéria inanimada. Para isso usamos nossos sentidos e nos baseamos em alguns conceitos fundamentais. Não temos dúvidas quando olhamos para uma árvore, um pássaro, uma minhoca ou mesmo um cogumelo: todos são seres vivos. De modo semelhante, quando observamos pedras, gotas d'água ou um grão de areia, sabemos que não estamos diante de seres vivos. Agora, se tivermos de buscar as características comuns a todos os seres vivos que os separam dos não vivos, talvez a coisa se complique um pouco.

Pense um pouco a respeito e procure listar as características comuns a todos os seres vivos. Com essa lista em mente, procure agora identificar quais delas são exclusivas de seres vivos. Vamos tentar rever alguns possíveis componentes de sua lista, e analisá-los individualmente.

Os seres vivos crescem. Aparentemente, pelo menos, todos os seres vivos crescem. Mas as estalactites de uma caverna também crescem, e nem por isso estão vivas.

Os seres vivos se movem. Muitas coisas se movem, como aquelas transportadas pelo vento ou pelos rios, e nem por isso estão vivas. No caso de muitos seres vivos, o movimento não é evidente, ou ocorre apenas em uma breve parte de suas existências. Poderíamos supor então que os seres vivos são capazes de se mover por meios próprios. Mas isso não é verdadeiro no caso das árvores, por exemplo, que somente se deslocam quando são sementes, que, mesmo assim, dependem de outros seres vivos ou do vento para serem transportadas. Algo parecido acontece com invertebrados marinhos que dependem das correntes para se deslocar, seja na fase larvar ou mesmo quando adultos.

Algumas outras características dos seres vivos nos parecem exclusivas, como a respiração, por exemplo. Todos os seres vivos que podemos ver, respiram. Nunca é demais lembrar que as plantas realizam também a fotossíntese quando há luz disponível, mas respiram todo o tempo (ou seja, tanto à noite quanto de dia). Mas, se considerarmos a definição de respiração como "processo de obtenção de energia a partir de moléculas envolvendo o consumo de oxigênio", a situação se complica. Porque há inúmeras espécies de microrganismos, que não precisam de oxigênio, como também muitas outras que sobrevivem apenas onde esse gás está praticamente ausente. Pelo visto, quando adentramos ao mundo microscópico, a definição de vida se complica ainda mais.

No entanto, se considerarmos a respiração apenas como a obtenção de energia a partir de moléculas, com ou sem a utilização de oxigênio, podemos considerá-la uma característica exclusiva dos seres vivos? Certamente. Poderíamos ampliar ainda mais nossa definição, admitindo simplesmente que os seres vivos são capazes de obter energia do ambiente, de modo a manter seu metabolismo funcionando. A própria existência de um metabolismo, aliás, poderia então ser considerada como característica dos seres vivos. Aqui parece que chegamos a dois "portos seguros" para definir vida: **obtenção de energia** e **metabolismo**. Vejamos se há outros.

Os seres vivos respondem aos estímulos do ambiente. Isso parece ser realmente verdadeiro para todos os seres vivos, pois, de algum modo, todos eles parecem responder a mudanças no ambiente em que vivem. Uma planta, por exemplo, cresce em direção à luz, graças à ação de hormônios, uma bactéria é capaz de se deslocar em direção a fontes de nutrientes ou de oxigênio e os animais afastam rapidamente seus corpos das chamas. Em resumo, seja através do crescimento, de deslocamentos ou de movimentos de partes de seu corpo, os seres vivos são capazes de receber, processar e reagir a características do meio ambiente. Isso é verdadeiro também para os seres vivos microscópicos.

No entanto, os vírus não possuem nenhuma das características que discutimos há pouco. Isso faz com que alguns pesquisadores sequer os considerem como seres vivos. A maioria, porém, considera os vírus como seres vivos, ainda que muito peculiares.

Todavia, há uma característica que parece ser, realmente, definitiva para todos os seres vivos: a reprodução. De fato, a capacidade de produzir novos indivíduos a partir de um ou mais organismos do mesmo tipo parece não existir fora do mundo vivo. E mesmo os vírus são capazes de produzir cópias de si mesmos, embora dependam do metabolismos e das organelas das células nas quais penetram para fazê-lo. Nesse sentido, muitos classificam os vírus como parasitas celulares, mas assim mesmo, seres vivos. Por isso mesmo, alguns cientistas acreditam que a reprodução é a principal característica dos seres vivos.

A Reprodução

É claro que existem muitos tipos diferentes de reprodução. Porém, toda essa diversidade pode ser agrupada fundamentalmente em duas categorias: a reprodução assexuada e a sexuada. No primeiro tipo de reprodução, um único indivíduo é capaz de dar origem a outro, ou mesmo a vários outros. Isso pode ocorrer quando um microrganismo, como uma bactéria, por exemplo, se duplica, dando origem a duas bactérias quando um novo organismo brota do corpo de um outro indivíduo, separando-se dele depois.

No caso da reprodução sexuada, em geral dois indivíduos contribuem com uma célula cada um. A fusão destas células dá origem a uma nova célula única, que se duplica repetidas vezes, formando o novo organismo. Algumas espécies de seres vivos são hermafroditas, e produzem óvulos e espermatozoides. Alguns desses seres vivos, mas não todos, são capazes de autofecundação, isto é, os espermatozoides produzidos pelo indivíduo são capazes de fecundar seus próprios óvulos.

Poderíamos acrescentar algumas outras características à nossa lista de definições de vida, mas isso no momento não é o mais importante. Pelo que vimos até aqui, porém, podemos admitir que a vida não pode, e nem precisa, ser definida com base em uma só característica. Mas se quisermos incluir os vírus entre os seres vivos, essa caracterísitca única seria a reprodução. Existe

ainda mais uma coisa importante a respeito dos seres vivos que os diferencia da matéria inanimada (ou não viva) e que está diretamente relacionada à obtenção de energia e ao metabolismo: as moléculas orgânicas. Para entender o que são estas moléculas, precisamos compreender melhor a própria organização da vida, que é a sua composição química.

Os níveis de organização dos seres vivos

Para melhor compreender a organização dos seres vivos, podemos começar refletindo sobre a composição de um animal qualquer. Os seres vivos são compostos de órgãos. Alguns desses órgãos, são bastante conhecidos. Esse é o caso do coração e dos rins. Cada uma dessas estruturas é denominada de órgão porque desempenha funções específicas (impulsionar o sangue e "filtrar" o sangue são funções do coração e dos rins, respectivamente). Outros órgãos, como o pâncreas e o baço, são menos famosos, o mesmo acontecendo com suas funções.

Um caso curioso a considerar seria o do sangue, que pode ser considerado um órgão líquido (por mais estranho que isso nos pareça). O sangue, como qualquer outro órgão é formado por componentes mais ou menos independentes, as células. Ele é composto por pelo menos dois tipos de células bastante diferentes entre si: os eritrócitos (transportadores de oxigênio e de uma parte do gás carbônico produzido em nosso corpo) e os leucócitos (células que reagem a corpos ou substâncias estranhas presentes em um organismo). Na verdade, os leucócitos podem ser divididos em muitos grupos diferentes: linfócitos, monócitos, mastócitos e granulócitos, entre outros. Cada uma dessas células possui aquelas características que usamos há pouco para definir vida: possuem metabolismo e reagem ao ambiente. Afinal, todas elas obtêm energia a partir dos nutrientes presentes no sangue e reagem em resposta a diferentes hormônios.

Se analisarmos uma célula qualquer individualmente, poderemos perceber que ela é composta de substâncias muito especiais. A substância mais abundante nas células, e nos seres vivos de modo geral, é a água. Naturalmente, a água não está presente exclusivamente nos seres vivos. Já as outras substâncias mais abundantes nos seres vivos são exclusivas deles, ou seja, são formadas apenas por eles. Essas substâncias são principalmente as proteínas, os carboidratos, os lipídeos e os ácidos nucleicos (ADN e ARN). Por serem características dos organismos vivos, tais substâncias tornaram-se conhecidas como substâncias orgânicas. As substâncias orgânicas, embora sejam específicas dos seres vivos, não possuem as propriedades que caracterizam a vida. Ou seja, elas não são capazes de obter energia de outras moléculas nem possuem metabolismo. Em resumo, essas substâncias, que são compostas de moléculas, embora sejam exclusivas dos seres vivos, não são vivas.

O mesmo tipo de descrição que fizemos para a composição do sangue, poderia ser repetido para outros órgãos, como o coração por exemplo. Nesse caso, porém, encontraríamos um grau de organização entre os órgãos e as células: os tecidos. A definição simples de tecido é: grupo de células semelhantes e especializadas em uma determinada função. No coração encontraríamos o tecido muscular, que efetivamente se contrai e bombeia o sangue, o tecido nervoso e outros, como o endotélio, que reveste a luz (interior) dos vasos sanguíneos. Cada célula destes tecidos, no entanto, é composta pelos mesmos tipos de moléculas, as moléculas orgânicas.

O curioso é que, embora todas as células de todos os seres vivos sejam compostas pelos mesmos tipos básicos de moléculas, elas, as células, bem como os seres vivos, são muito diferentes entre si. Como veremos mais tarde, existe uma enorme diversidade de moléculas orgânicas, e essa enorme diversidade pode se combinar de muitas maneiras diferentes, contribuindo, assim, para a diversidade de seres vivos existentes.

Podemos, agora, fazer um breve resumo da organização dos seres vivos até o ponto em que as características daquilo a que denominamos vida se mantém.

Figura 2.1: As células são os menores componentes vivos de um ser vivo formado de muitas células (pluricelular) organizadas em tecidos e órgãos. Existem também seres vivos compostos de uma única célula (os unicelulares).

Diversidade celular

As células, tanto dos organismos unicelulares quando dos pluriceluares são extremamente complexas e diversificadas. Em relação aos unicelulares, vale destacar que a diversidade existente pode ser dividida em duas categorias principais: células com núcleo definido (eucariontes) e sem núcleo definido (procariontes). Como você já sabe, e veremos em aulas posteriores, o núcleo é uma estrutura muito importante, pois é lá que está armazenado o material genético (ADN) dos eucariontes. No caso dos procariontes, embora não exista um núcleo definido, o ADN também está presente.

Assim, diferentes espécies de unicelulares possuem células muito distintas, tanto do ponto de vista de suas estruturas quando de sua fisiologia. De modo semelhante, um organismo pluricelular é composto por dezenas de tipos celulares diferentes. Caso disponha de acesso à internet, experimente fazer uma busca por imagens de diferentes tipos celulares usando o Google ou outro site de buscas. Eis aqui alguns tipos celulares que seria interessante você procurar (com sugestões de sites onde as imagens podem ser encontradas – alguns deles em inglês, mas com boas imagens).

Pluricelulares		
Tipo celular	Língua	Site
Neurônios	Inglês	http://commons.wikimedia.org/wiki/Neuron
Músculo cardíaco	Inglês	http://en.wikipedia.org/wiki/Cardiac_muscle
	Português	http://www.virtual.epm.br/material/tis/curr-bio/trab2003/g5/fibra.html

Macrófago	Inglês	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Macrophage_in_the_alveolus_Lung_-_TEM.jpg
	Inglês	http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hemophagocytosis_1.jpg
	Inglês (com filmes)	http://en.wikipedia.org/wiki/Macrophage
Músculo liso	Português	http://www.pucrs.br/fabio/histologia/atlasvirtual/maxim/int3lleg.htm
Plantas	Português	http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Plant_cell_structure_portug.gif

Unicelulares		
Bactéria	Português	http://pt.wikipedia.org/wiki/Bactéria
Ameba	Inglês	http://www.micrographia.com/specbiol/protis/homamoeb/amoe0100/amoeba20.htm

Depois de fazer essa busca você certamente terá entendido porque apresentar a estrutura geral de uma célula é praticamente impossível. Mesmo assim, algumas estruturas são comuns à maioria das células eucariontes (ou eucariotas), tanto de unicelulares quanto de pluricelulares. Células desenhadas para mostrar essas estrturas principais podem ser usadas como modelos gerais, que, na prática, não correspondem a nenhum tipo celular real. Imagens de modelos bem simplificadas podem ser encontrados na Wikipédia, tanto no caso de células de plantas quanto de animais.

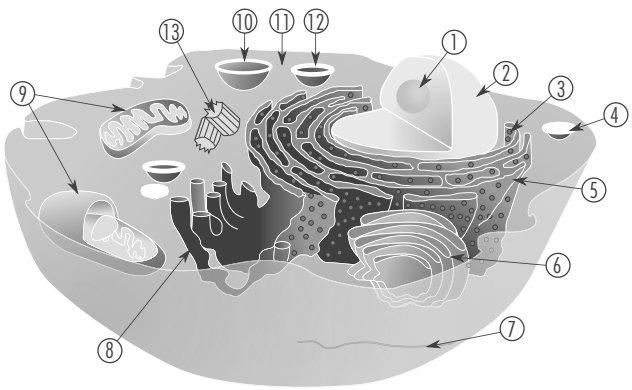


Figura 2.1: Célula animal simplificada.
Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Biological_cell.svg

1. Nucléolo
2. Núcleo
3. Ribossomos
4. Vesículas do Golgi
5. Retículo endoplasmático granular (rugoso)
6. Complexo de Golgi
7. Citoesqueleto
8. Retículo endoplasmático liso
9. Mitocôndria
10. Citoplasma
11. Lisossomos
12. Centríolos

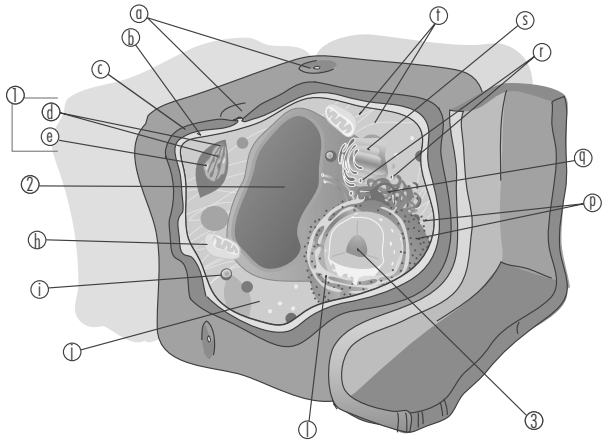
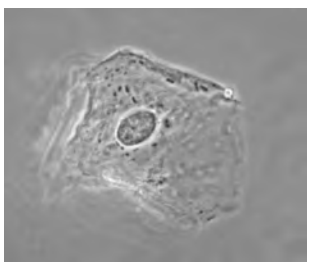


Figura 2.2: Célula de Planta
Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plant_cell_structure_svg_labels.svg

a. Plasmodesma
b. Membrana plasmática
c. Parede celular
1. Cloroplasto
d. membrana tilacoide
e. grão de amido
2. Vacúolo
h. Mitocôndria
i. Peroxissoma
j. Citoplasma
l. Retículo endoplasmático granular
3. Núcleo
p. Ribossomos
q. Retículo endoplasmático liso
r. Vesículas do golgi
s. Complexo de Golgi
t. Citoesqueleto



Resumo

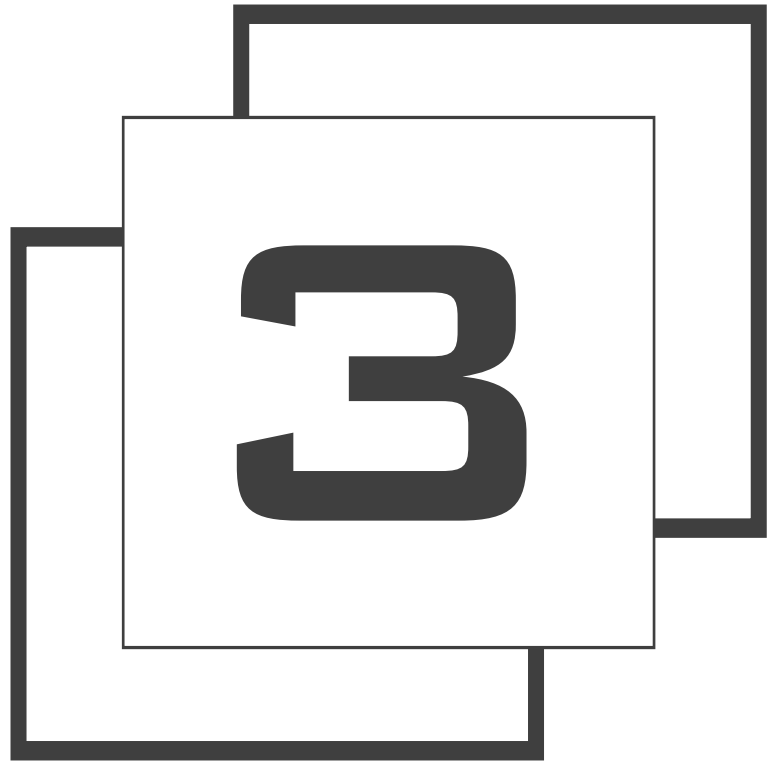
• Os seres vivos são capazes de obter energia do ambiente para manter seu metabolismo.

• A reprodução é uma característica exclusiva dos seres vivos.

• A reprodução pode ser sexuada ou assexuada.

• A célula é considerada o primeiro nível de organização do mundo vivo.

• Todas as células de todos os seres vivos são compostas pelos mesmos tipos de moléculas.



Macro e Micronutrientes

:: Objetivo ::

• Identificar os nutrientes mais frequentes nos alimentos e algumas de suas funções.

Neste capítulo vamos realizar uma atividade para desenvolver o raciocínio lógico e a análise de evidências. Estamos chamando de evidências os resultados de algum tipo de experiência ou observação. Essa habilidade é muito importante, pois há várias questões de vestibular que se baseiam na análise pura e simples de resultados de experiências (evidências experimentais), sem praticamente exigir conhecimentos de Biologia. Como estamos iniciando nosso curso, vamos começar com uma atividade simples, relacionada ao nosso dia a dia.

Atividade 1

Imagine que você consumiu no almoço uma pizza com os ingredientes mostrados nas tabelas a seguir. Você também comeu uma banana de sobremesa e tomou um cafezinho com açúcar. Cada tabela mostra a composição nutricional, ou seja, as quantidades de cada nutriente encontradas em 10 gramas do ingrediente. Essas informações serão importantes depois.

A ideia agora é descobrirmos quais são os componentes mais comuns dos alimentos que consumimos, usando nossa refeição como exemplo. Para isso, vamos fazer uma espécie de placar alimentar, no qual listaremos quantas vezes apareceu cada um dos principais nutrientes existente nos rótulos das embalagens dos ingredientes que você usou na sua pizza. Um modelo de placar alimentar para você preencher com os dados de sua pizza está logo aí embaixo.

Componente	Frequência (valor absoluto)	Frequência de porções maiores do que 1g	Frequência de porções menores do que 1g
Calorias			
Proteínas			
Lipídeos			
Carboidratos			
Fibra Alimentar			
Sódio			
Cálcio			
Magnésio			
Fósforo			
Potássio			
Ferro			
Cobre			
Vitamina C			
Riboflavina (B-12)			
Niacina			
Ácido Pantotênico (B-5)			
Vitamina B-6			
Vitamina E			

Banana (10 g)	
Calorias	11,0 kcal
Proteínas	0,13 g
Lipídeos	0,01 g
Carboidratos	2,6 g
Fibra Alimentar	0,2 g
Cálcio	0,8 mg
Magnésio	0,26 g
Fósforo	0,22 mg
Potássio	35,8 mg
Ferro	0,04 mg
Cobre	0,005 mg
Vitamina C	0,09 mg
Riboflavina (B-12)	0,002 mg
Niacina	0,005 mg
Ácido Pantotênico (B-5)	0,003 mg
Vitamina B-6	0,006 mg
Vitamina E	0,003 mg

Queijo Muçarela (10 g)	
Calorias	32 kcal
Proteínas	2,1 g
Lipídeos	2,4 g
Carboidratos	0 g
Fibras	0 g
Sódio	0,006 g

Molho de tomate (10 g)	
Calorias	5 kcal
Proteínas	0,1 g
Lipídeos	0,1 g
Carboidratos	0,9 g
Fibras	0,2 g
Sódio	0,005 g

Azeite (10 g)	
Calorias	90 kcal
Proteínas	0 g
Lipídeos	10 g
Carboidratos	0 g
Fibras	0 g
Sódio	0 g

Sardinha com óleo (10 g)	
Calorias	15 kcal
Proteínas	2,4 g
Lipídeos	0,6 g
Carboidratos	0 g
Fibras	0 g
Sódio	0,007 g
Cálcio	0,4 mg
Ferro	0,002 mg

Bacalhau (10 g)	
Calorias	12 kcal
Proteínas	3 g
Lipídeos	0 g
Carboidratos	0 g
Fibras	0 g

Açúcar (10g)	
Calorias	40 kcal
Proteínas	0 g
Lipídeos	0 g
Carboidratos	10 g
Fibras	0 g

Café (10g)	
Calorias	0 g
Proteínas	0 g
Carboidratos	0 g
Lipídios	0 g
Fibras	0,76 g

Você deve ter notado que o componente mais comum de todos os alimentos são as calorias. Mas, o que são calorias? Discuta com sua turma a respeito.

Agora vamos às definições de calorias existentes nos dois principais dicionários brasileiros.

Definição 1

"Unidade de energia originalmente definida como a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água de 14,5ºC para 15,5ºC.[1] "

Definição 2

"Quantidade de calor necessária para elevar de 14,5ºC para 15,5ºC a temperatura de um grama de água.[2]"

Se você não sabia, ou tinha uma ideia vaga sobre o assunto, agora sabe que **as calorias não são um componente dos alimentos, mas sim uma indicação da quantidade de energia fornecida por eles**. Bem, como nosso objetivo é determinar os nutrientes (ou moléculas) mais frequentes, não faz sentido incluir as calorias na discussão, já que elas não são nutrientes.

Se tudo correu como esperado, o líder do placar foram as proteínas e lipídeos. Há uma série de outros fortes candidatos a vice-campeões: carboidratos, vitaminas, fibras alimentares e inúmeros elementos, especialmente Sódio, Potássio e Ferro. Como as vitaminas são de vários tipos, provavelmente cada uma delas perde, individualmente, para proteínas e gorduras.

Agora vamos propor algumas perguntas para você responder, usando apenas os rótulos disponíveis no livro, e, claro, sua inteligência.

Atividade 2

A energia que está nos alimentos vem de todos os seus nutrientes? Ou vem só de alguns? Se é assim, quais são eles?

Vamos refletir então sobre as duas primeiras perguntas de nossa breve lista. Elas representam uma mesma dúvida, que pode ser apresentada mais ou menos assim: qual é a fonte, ou quais são as fontes da energia contida nos alimentos (as calorias mostradas nos rótulos)? Afinal, cada alimento é composto de diversos nutrientes, mas os rótulos nada nos informam sobre quais deles nos fornecem as calorias.

Seria possível descobrir quais dos nutrientes fornecem energia (calorias) somente consultando os rótulos? Essa possibilidade deve ser discutida com sua turma.

Faça isso e depois prossiga.

A comparação de diversos rótulos provavelmente permitirá perceber que alimentos ricos em gorduras contêm muitas calorias. E que alimentos ricos em carboidratos também são muito calóricos. Porém, diante da lista de componentes de cada alimento, as perguntas "qual destes nutrientes contém calorias?" e "qual destes nutrientes contém mais calorias?" ainda não podem ser respondidas.

Procure refletir e propor uma maneira simples, baseada no uso dos mesmos materiais e métodos, que permita determinar quais dos nutrientes contêm calorias e, dentre estes, qual contém mais calorias. Examine atentamente o material disponível, formule sua proposta por escrito e aguarde a orientação do professor para discutir com a turma.

Como você deve ter percebido, uma possibilidade de determinar quais nutrientes possuem calorias seria buscar, dentre os rótulos disponíveis, algum alimento composto de um único nutriente. Usando esta estratégia, foi possível identificar três nutrientes que fornecem energia.

Proponha uma estratégia, nos mesmos moldes das anteriores, através da qual vocês poderiam determinar qual destas três moléculas contém mais calorias. Você deve propor sua estratégia antes de prosseguir com a leitura.

Mas, e quanto às fibras, vitaminas e sais minerais, contêm ou não contêm energia? Os alimentos "vitaminados", não seriam ricos em energia? Não é por isto que as vitaminas são tão importantes? Seria possível prosseguir com a atividade e determinar se vitaminas (e sais minerais) são ou não são fontes de calorias para os seres vivos?

Desta vez vamos dar três pistas, para você ganhar tempo: você precisará fazer contas um pouco mais complexas, mas não precisará procurar outros rótulos além daqueles que já tem. Aliás, só para deixá-lo mais animado, você poderá usar apenas um rótulo: aquele com a maior variedade de componentes dentre todos os que foram apresentados. Só que, desta vez, não daremos a resposta. Você e sua turma devem chegar a ela sozinhos. Mãos à obra!

Atividade 3

Voltemos agora ao nosso placar alimentar. Você contou quantas vezes cada nutriente aparecia no total dos alimentos constantes da nossa refeição. Isso mostra o quanto cada um desses nutrientes é frequente nos alimentos. Mas também é importante saber a quantidade de cada nutriente que está presente em nossos alimentos. Vamos fazer uma estimativa disso de um modo muito simples. E o modo mais fácil de explicar esse método é com um exemplo. Olhe com atenção a tabela nutricional do "queijo muçarela". Ela contém 2,4 gramas de lipídeos. Portanto, a quantidade de lipídeos é maior do que 1g em cada 10 gramas de queijo muçarela. Com base nisso, você deveria colocar o número "1" na segunda coluna do placar, na linha correspondente aos lipídeos (porções maiores do que 1 grama). O queijo também possui 0,006 gramas de Sódio, e, por isso, você deveria marcar um número "1" na terceira coluna da tabela (porções menores do que 1 g), na linha correspondente ao Sódio. Repetindo esse procedimento para todos os outros componentes do queijo e todos os componentes dos outros alimentos da nossa refeição, você terá o total de porções maiores e menores do que 1 grama que aparecem nos nutrientes utilizados. Isso nos dará uma boa ideia de quais nutrientes aparecem em maior quantidade nos alimentos. Mãos à obra de novo.

Atividade 4

O café é considerado por muitas pessoas como uma bebida energética. Consulte a tabela com o valor nutricional do café e responda: essa ideia a respeito do café faz sentido do ponto de vista da nutrição humana? Por que, então, as pessoas acreditam que o café lhes dá energia?

Como você deve ter notado, carboidratos, proteínas e gorduras são os nutrientes que aparecem em maiores quantidades nos alimentos (porções > 1 grama). Por isso mesmo são chamados de macronutrientes (macro = grande). Já os sais minerais e as vitaminas, que aparecem em quantidades bem menores e são os micronutrientes.

Vimos que os macronutrientes podem fornecer energia aos seres vivos. Mas seria esta sua única função? E os micronutrientes, têm funções ou estão nos alimentos por acaso? Trataremos das respostas a essas perguntas nos próximos capítulos.

Graças aos rótulos de alimentos industrializados utilizados na refeição, fomos capazes de identificar os nutrientes calóricos.

Relembrando: quando dizemos que um nutriente contém calorias, o que isto nos informa sobre uma de suas utilidades para nosso corpo? Quais são os três nutrientes calóricos que identificamos?

Referências

[1] Extraído de HOUAISS, Antônio. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Editora Objetiva e Instituto Antônio Houaiss, 2002.

[2] Extraído de HOLLANDA, Aurélio Buarque de. *Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa*, Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2000.

Exercício resolvido

O exercício que apresentaremos a seguir parece não ter "nada a ver" com o tema deste capítulo. No entanto, ele vai servir para lhe mostrar que algumas questões de vestibular podem ser resolvidas com muito poucas informações e muito raciocínio.

Muitas questões de vestibular podem ser divididas em duas partes, que vamos chamar agora de enunciado e comando.

Na primeira parte, o enunciado, são apresentadas informações sobre um ou mais assuntos. Estas informações podem vir na forma de texto, gráficos, tabelas, quadros, esquemas, fotos e de combinações de tudo isso (uma questão pode ter uma tabela e um gráfico, por exemplo).

Na segunda parte, o comando, temos a pergunta que precisa ser respondida pelo candidato usando seus conhecimentos e as informações apresentadas no enunciado.

Nem sempre todas as informações apresentadas em um enunciado são realmente necessárias para responder à questão. Uma habilidade importante para resolver questões de vestibular é localizar as informações importantes em um enunciado.

Em outros casos, todas as informações necessárias para responder a uma questão estão no enunciado. O que se espera é que o candidato entenda a pergunta e raciocine sobre as informações que recebeu.

Para resolver esse tipo de questão, três etapas são igualmente importantes.

A primeira coisa a fazer é ler o enunciado com atenção. Esqueça o comando que vem a seguir. Se há um gráfico, procure entender o que ele mostra. Se há uma tabela, identifique o que ela está mostrando (por exemplo, o que está mostrado nas linhas (seções horizontais) e nas colunas (seções verticais)).

Em seguida leia a pergunta que está sendo feita (comando). Procure identificar claramente o que a questão "quer saber" ou "quer que você mostre que sabe".

Finalmente, retorne ao enunciado e ache as informações que podem ser úteis e relacione-as ao que você sabe sobre o assunto, procurando responder à questão.

Vamos fazer uma experiência agora, usando uma questão que tem uma tabela, como a que você construiu hoje e que trata de um tema conhecido de todos, a Dengue.

1) (Enem / 2006) O *Aedes aegypti* é vetor transmissor da dengue. Uma pesquisa feita em São Luís – MA, de 2000 a 2002, mapeou os tipos de reservatório onde esse mosquito era encontrado. A tabela abaixo mostra parte dos dados coletados nessa pesquisa.

Tipos de reservatórios	População de *A. aegypti*		
	2000	2001	2002
Pneu	895	1.658	974
Tambor/tanque/depósito de barro	6.855	46.444	32.787
Vaso de planta	456	3.191	1.399
Material de construção/peça de carro	271	436	276
Garrafa/lata/plástico	675	2.100	1.059
Poço/cisterna	44	428	275
Caixa d'água	248	1.689	1.014
Recipiente natural/armadilha/piscina e outros	615	2.658	1.178
Total	10.059	58.604	38.962

Fonte: *Caderno Saúde Pública*, vol. 20, no. 5, Rio de Janeiro, out/2004 (com adaptações).

De acordo com essa pesquisa, o alvo inicial para a redução mais rápida dos focos do mosquito vetor da dengue nesse município deveria ser constituído por:

(A) pneus e caixas d'água.

(B) tambores, tanques e depósitos de barro.

(C) vasos de plantas, poços e cisternas.

(D) materiais de construção e peças de carro.

(E) garrafas, latas e plásticos.

Observações

Caso tenha resolvido a questão sem problemas, você deverá ter notado que não precisou de nenhum conhecimento próprio. Todas as informações estavam lá, desde o nome científico do mosquito vetor da Dengue até os principais focos onde ele poder ser encontrado (reservatórios) apresentados na tabela.

No entanto, se você teve dificuldades em responder à questão, responda a cada uma das perguntas que se seguem.

Sobre o enunciado, responda:

I. O que é mostrado em cada linha da tabela?

II. O que é mostrado nas colunas da tabela?

III. Qual a diferença entre o que é mostrado em cada uma das três colunas da tabela?

IV. Em que ano foram encontrados mais mosquitos no conjunto dos reservatórios?

V. Qual o tipo de reservatório que apresentou menor quantidade de *Aedes aegipty* na soma dos três anos?

VI. Qual o tipo de reservatório que apresentou maior quantidade de *Aedes aegipty* na soma dos três anos?

Sobre o comando, responda:

VII. O que se deseja fazer com a quantidade de focos de mosquitos vetores da Dengue?

VIII. Para alcançar este objetivo, devemos nos preocupar com os focos com maior ou com menor quantidade de insetos?

Ao responder a estas perguntas, você deverá ter em mãos tudo o que precisa para resolver a questão. Volte a ela e tente resolvê-la agora.

A seguir apresentamos as respostas de todas as perguntas feitas e a opção correta de resposta para questão. O ideal é que você não olhe respostas, mas tente resolver sozinho a questão e confira sua resposta somente ao final.

Agora vamos tentar chegar às respostas

I. Cada linha mostra diferentes tipos de reservatórios de mosquitos.

II. A quantidade de mosquitos encontrada em cada tipo de reservatório.

III. Cada coluna mostra a quantidade de mosquitos encontrada em cada tipo de reservatório em um ano diferente.

IV. No ano de 2001, quando foram encontrados 58.604 animais.

V. Poços e cisternas.

VI. Tambor/tanques/depósitos de barro.

VII. O objetivo é reduzir a quantidade de focos.

VIII. Os focos com maiores quantidades de mosquitos, pois assim a a população destes insetos seria mais atingida.

A resposta correta para a questão é a alternativa B.

Exercícios

1) (Enem / 2009) Os planos de controle e erradicação de doenças em animais envolvem ações de profilaxia e dependem em grande medida da correta utilização e interpretação de testes diagnósticos. O quadro mostra um exemplo hipotético de aplicação de um teste diagnóstico.

resultado do teste	condição real dos animais		total
	infectado	não infectado	
positivo	45	38	83
negativo	5	912	917
total	50	950	1.000

Manual Técnico do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e da Tuberculose Animal – PNCEBT. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006 (adaptado).

Considerando que, no teste diagnóstico, a sensibilidade é a probabilidade de um animal infectado ser classificado como positivo e a especificidade é a probabilidade de um animal não infectado ter resultado negativo, a interpretação do quadro permite inferir que

(A) a especificidade aponta um número de 5 falsos positivos.

(B) o teste, a cada 100 indivíduos infectados, classificaria 90 como positivos.

(C) o teste classificaria 96 como positivos em cada 100 indivíduos não infectados.

(D) ações de profilaxia são medidas adotadas para o tratamento de falsos positivos.

(E) testes de alta sensibilidade resultam em maior número de animais falsos negativos comparado a um teste de baixa sensibilidade.

2) (Enem / 2009 - cancelada) Arroz e feijão formam um "par perfeito", pois fornecem energia, aminoácidos e diversos nutrientes. O que falta em um deles pode ser encontrado no outro. Por exemplo, o arroz é pobre no aminoácido lisina, que é encontrado em abundância no feijão, e o aminoácido metionina é abundante no arroz e pouco encontrado no feijão. A tabela seguinte apresenta informações nutricionais desses dois alimentos.

	arroz (1 colher de sopa)	feijão (1 colher de sopa)
calorias	41 kcal	58 kcal
carboidratos	8,07 g	10,6 g
proteínas	0,58 g	3,53 g
lipídios	0,73 g	0,18 g
colesterol	0 g	0 g

SILVA, R. S. Arroz e feijão, um par perfeito. Disponível em: http://www.correpar.com.br (acessado em 01/02/2000)

A partir das informações contidas no texto e na tabela, conclui-se que

(A) os carboidratos contidos no arroz são mais nutritivos que os do feijão.

(B) o arroz é mais calórico que o feijão por conter maior quantidade de lipídios.

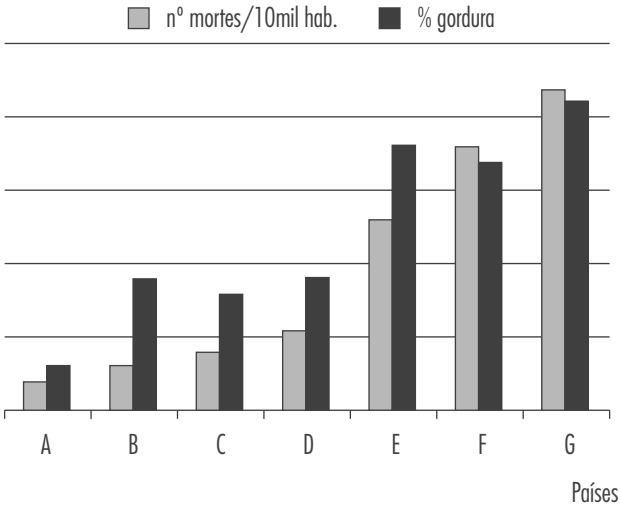
(C) as proteínas do arroz têm a mesma composição de aminoácidos que as do feijão.

(D) a combinação de arroz com feijão contém energia e nutrientes e é pobre em colesterol.

(E) duas colheres de arroz e três de feijão são menos calóricas que três colheres de arroz e duas de feijão.

3) Os triglicerídeos são formados pelo glicerol ligado a três ácidos graxos. Se os ácidos graxos forem de cadeia saturada, isto é, possuírem todos os átomos de hidrogênio que a cadeia carbônica pode conter, como o ácido esteárico, o triglicerídeo será uma gordura abundante nos animais e geralmente sólida à temperatura ambiente. Se os ácidos graxos forem de cadeia insaturada, isto é, possuírem moléculas que ainda podem receber átomos de hidrogênio, como o ácido oleico, o triglicerídeo será um óleo, líquido à temperatura ambiente e predominante nos vegetais, como o óleo de milho e o de girassol. Estudos científicos foram realizados para tentar estabelecer a relação entre o consumo excessivo de triglicerídeos, principalmente os de origem animal, e doenças do coração. O gráfico a seguir mostra o

número de mortes por doença coronariana – coronárias são as artérias que irrigam o músculo cardíaco – em homens de meia-idade durante um período de dez anos e a porcentagem de gordura na dieta total desses homens em 7 diferentes países.



De acordo com o texto e com o gráfico, analise as afirmações a seguir:

I. Uma das diferenças entre gorduras e óleos é o estado físico à temperatura ambiente.

II. O número de mortes e a porcentagem de gordura na dieta são diretamente proporcionais.

III. Uma dieta rica em gordura está associada a um grande risco de morte por doença coronariana.

IV. As gorduras trazem riscos à saúde porque não podem ser degradadas pelo metabolismo humano.

São corretas:

(A) apenas II e IV.

(B) apenas I, II e III.

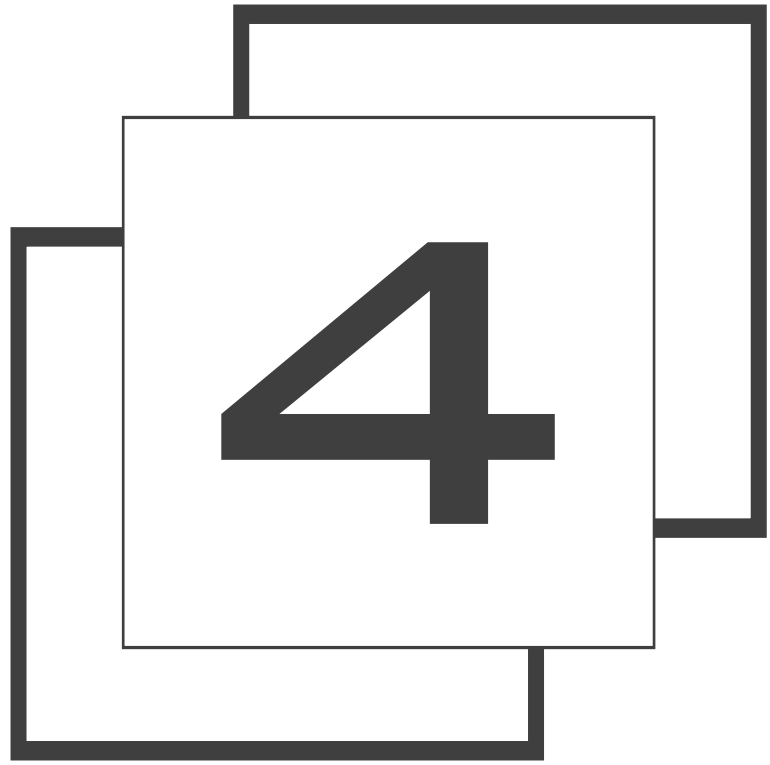
(C) apenas I e II.

(D) apenas I e III.

(E) apenas III e IV.

Gabarito

1) B 2) D **3)** D



4

As vitaminas e os sais minerais

:: Objetivos ::

- *Compreender a função geral das vitaminas e dos sais minerais;*
- *Analisar resultados de experiências simples apresentados sob a forma de tabelas.*

Muitas experiências e estudos foram feitos pelos cientistas para desvendar o papel dos diversos nutrientes. Muitos desses estudos foram feitos para tentar identificar a causa de doenças comumente observadas em algumas populações. Esse foi o caso, por exemplo, do escorbuto, comum em marinheiros e causado pela falta de vitamina C na comida, e do Bócio, comum em populações que viviam em montanhas, longe do mar, e causado pela falta de iodo nos alimentos. No caso do Bócio, a distância do mar era importante, porque alimentos vindos do mar, como peixes e mariscos contêm bastante Iodo. Quando for ao supermercado, dê uma olhada na embalagem do sal e veja: o Iodo é mencionado?

As funções de outros nutrientes, porém, foram identificadas com auxílio de experiências feitas com animais, além da observação de doenças humanas. Isso porque, como você deve imaginar, não se pode submeter seres humanos a dietas pobres em um determinado nutriente e esperar que eles fiquem doentes para descobrir qual a sua função! Isso, no entanto, pode ser feito com animais, em laboratório. De fato, os ratos e camundongos são muito utilizados para experiências desse tipo. Eles são mantidos em gaiolas com água e alimentos. Nessas experiências, um grupo de animais é mantido com alimentos ricos em todos os nutrientes, e outro, em uma gaiola diferente, é mantido com alimentos pobres em um único nutriente. Os cientistas mantêm os animais nessas condições por um certo período de tempo, digamos, por um mês. E, diariamente, os animais são pesados e medidos.

Um pesquisador interessado no estudo da importância das vitaminas, manteve três ratos em dietas nas quais faltavam duas vitaminas em cada uma. Após um mês, ele avaliou a saúde desses ratos, anotando os problemas apresentados por cada um deles. Os resultados do pesquisador estão mostrados na tabela a seguir.

	Rato 1	**Rato 2**	**Rato 3**
Ausente da Dieta	Vitamina A	Vitamina B	Vitamina B
	Vitamina D	Vitamina A	Vitamina D
Sintomas após 1 mês	Ossos deformados e fracos	Perda de visão à noite	Inflamação nos nervos
	Perda de visão à noite	Inflamação nos nervos	Ossos deformados e fracos

Atividade 1

Com base nesses resultados é possível saber quais são os problemas causados pela falta de cada uma das três vitaminas estudadas. Faça como o pesquisador e descubra os problemas causados pela falta de cada uma das vitaminas, registrando-os abaixo.

Problemas causados pela falta de:

a) Vitamina A:

b) Vitamina B:

c) Vitamina D:

Explique seu raciocínio e os passos dados para chegar à sua resposta:

Os Sais Minerais

O mesmo pesquisador usou metodologia semelhante para estudar a importância dos sais minerais na dieta. Para isso, manteve 4 ratos em dietas nas quais faltavam dois sais minerais em cada uma. Após um mês, ele avaliou a saúde desses ratos, anotando os problemas apresentados por cada um deles. Os resultados do pesquisador estão mostrados na tabela a seguir.

	Ausente da dieta	**Sintomas após um mês**
Camundongo 1	Cálcio e ferro	Anemia, ossos e dentes fracos.
Camundongo 2	Iodo e cálcio	Ossos e dentes fracos, hipotireoidismo.
Camundongo 3	Iodo e ferro	Anemia, hipotireoidismo.
Camundongo 4	Ferro e Potássio	Anemia e câimbras.

Atividade 2

Com base nesses resultados é possível saber quais são os problemas causados pela falta de cada um dos quatro sais minerais estudadas. Faça como o pesquisador e descubra os problemas causados pela falta de cada um dos sais minerais, registrando-os abaixo.

Problemas causados pela falta de:

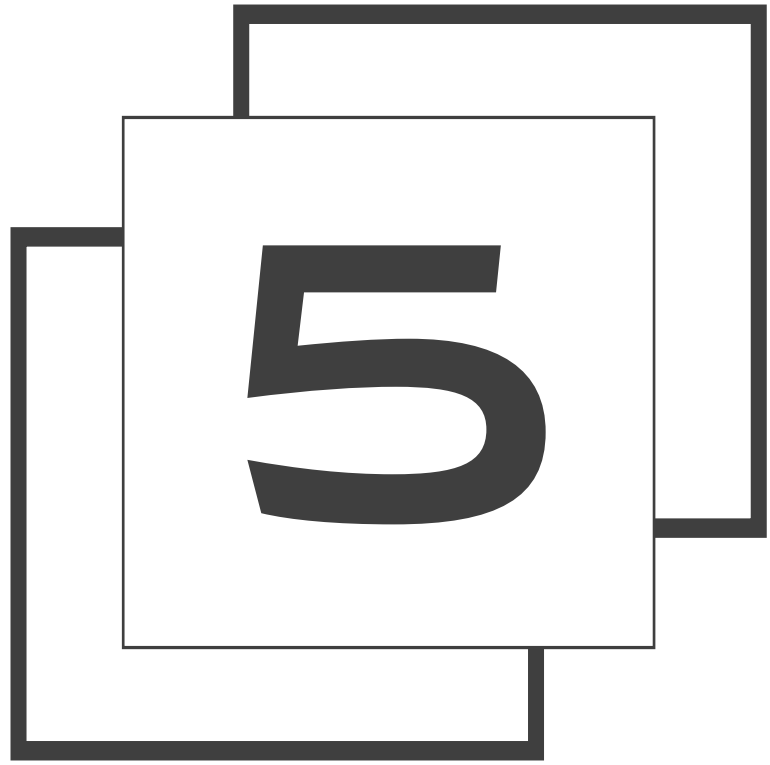
a) Ferro:

b) Potássio:

c) Cálcio:

d) Iodo:

Explique seu raciocínio e os passos dados para chegar à sua resposta:



5

As outras funções das proteínas

:: Objetivos ::

• Conhecer outras funções das proteínas;

• Analisar resultados de experiências simples apresentados sob a forma de gráficos.

Como todos sabemos, os alimentos são fundamentais para a vida. Por isso é importante que saibamos de que são feitos nossos alimentos, ou seja, quais são seus componentes, e para quê nosso organismo precisa de cada um deles. Cada componente de nossos alimentos é chamado de nutriente.

Atividade 1

Com base nos capítulos anteriores, você observou, através da análise de rótulos, que os nutrientes mais comuns nos alimentos são os _____, as _____, as _____, as _____, os _____ e as _____. Descobrimos também que as _____ embora apareçam nos rótulos de todos os alimentos, não são nutrientes. Na verdade, elas são uma medida da quantidade de energia encontrada no alimento. E, por falar nela, essa energia encontrada nos alimentos, é fornecida apenas por três nutrientes que são:_____, _____ e _____. Dentre os três, podemos dizer que _____ é o nutriente que contém mais energia por grama.

Porém será que os três nutrientes energéticos servem apenas para nos fornecer energia? Como o nosso corpo é formado a partir dos nutrientes, que outras funções eles poderiam desempenhar?

Na experiência que vamos mostrar para vocês um grupo de animais foi alimentado com uma dieta rica em proteínas, enquanto o outro recebeu apenas alimentos sem proteínas. Como dissemos, esses animais foram medidos e pesados, várias vezes, ao longo de 250 dias (quase um ano!). Lembre-se que ratos vivem apenas dois ou três anos, e que, por isso já estão adultos com 250 dias de idade. Os resultados do pesquisador estão mostrados na tabela logo a seguir.

Atividade 2

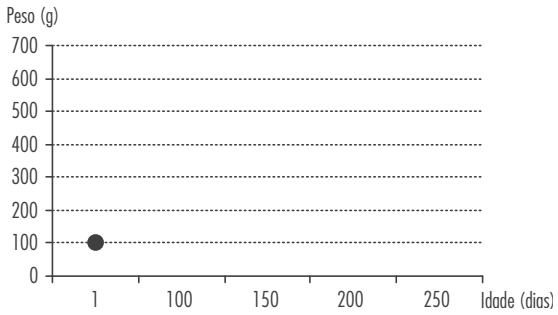
Antes de analisar a tabela, procure responder à seguinte pergunta: se já sabemos que animais alimentados com todos os nutrientes crescem e ganham peso normalmente, por que os cientistas precisaram manter um grupo de animais com dietas normais?

Atividade 3

Como podemos saber, pela tabela, qual era o peso do animal no dia 1? É fácil! Vamos à tabela! Para ajudar você a entender os resultados, vamos construir um gráfico com os dados da tabela. No quadro a seguir, colocamos na primeira coluna o dia da experiência (à esquerda) e na outra o peso do rato naquele dia. Para marcar no gráfico o peso do animal no dia 1, que é de 100 gramas, colocamos o lápis no número 1 da linha que mostra os dias, e fomos subindo até encontrar a linha pontilhada que começa no número 100, da linha que mostra o peso. Pronto! Aquela bolinha preta mostra que no dia 1, o rato alimentado com dieta rica em proteínas pesava 100 gramas. Agora é com você. Marque no gráfico os pontos mostrando o peso dos ratos nos outros dias. Depois ligue os pontos correspondentes ao peso desse rato com linhas. Faça o mesmo com os dados relativos ao peso do rato mantido na dieta sem proteínas, porém marque os pontos com um "X" e use linhas tracejadas.

	Dieta rica em proteínas	Dieta sem proteínas
Idade (dias)	**Peso (g)**	**Peso (g)**
1	100	100
100	500	200
150	600	300
200	600	400
250	600	400

Relação entre Peso e Idade – Com diferentes dietas



Atividade 4

a) Após traçar os gráficos, analise-os e preencha a tabela a seguir com as respostas apropriadas:

Pergunta	Dieta Rica em Proteínas	Dietas sem Proteínas
Em que dia o rato parou de crescer?		
Como você chegou a essa conclusão?		
Qual era o peso do rato nesse dia?		

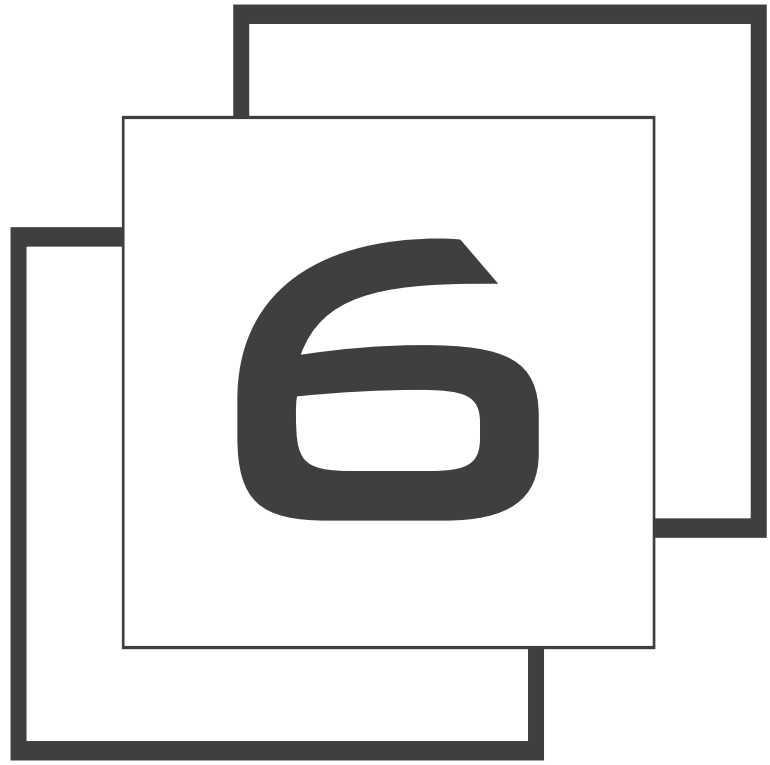
b) Ratos alimentados com alimentos sem proteínas crescem tanto mais, menos ou a mesma coisa que ratos que recebem alimentos ricos em proteínas? Por quê?

c) Ratos alimentados com alimentos sem proteínas, crescem mais rápido, mais devagar ou na mesma velocidade que ratos que recebem alimentos ricos em proteínas? Por quê?

d) Com base nos resultados das experiências, o que você pode concluir a respeito das funções que as proteínas desempenham no nosso organismo?

Atividade 5

Que problemas de saúde terá um animal que tenha ingerido uma dieta pobre em vitamina D, iodo e proteínas desde o nascimento? Justifique sua resposta.



6

As necessidades nutricionais humanas

:: Objetivos ::

• Interpretar diferentes formas de apresentação de informações e dados para resolver uma questão relacionada à nutrição humana.

Introdução

As necessidades energéticas das pessoas são diferentes, variando com a idade, a intensidade das atividades físicas realizadas e o sexo, por exemplo. Existe também uma certa controvérsia sobre o papel de alguns nutrientes e a quantidade ideal de cada um deles a ser consumida. Por isso mesmo seria impossível elaborar uma única proposta de alimentação saudável para todos. No entanto, existem alguns princípios básicos que são úteis para orientar a alimentação de modo geral. A pirâmide dos alimentos (figura 6.1) foi elaborada para fornecer um esboço do que se deve comer todos os dias. Por isso as proporções mostradas na figura são aproximadas. No entanto, se um tipo de alimento ocupa um espaço menor na pirâmide, isso indica que a proporção que devemos consumir diariamente de alimentos daqueles grupo é menor. Não se trata, portanto, de uma regra rígida (até porque as sugestões são aproximadas). Ela mostra na verdade, um guia geral que permite a escolha de uma dieta saudável e adequada.

Figura 6.1

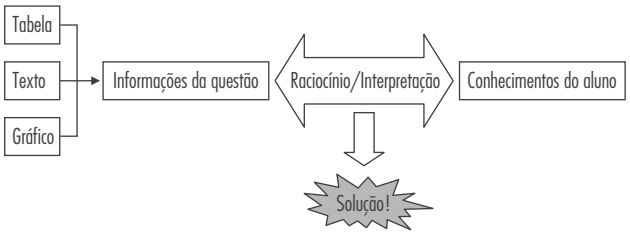
Embora o Grupo das Gorduras e Óleos e Grupo dos Doces estejam no topo da pirâmide, isso não quer dizer que sejam mais importantes. Alimentos desses grupos devem ser consumidos com bastante moderação. Vale lembrar que as gorduras de origem animal contêm colesterol, enquanto aquelas feitas somente de origem vegetal não o contêm. Embora saibamos hoje que boa parte do colesterol encontrado em nosso organismo é produzido por ele mesmo, a redução da quantidade de colesterol na dieta contribui para reduzir os problemas de saúde relacionados à circulação sanguínea. No caso dos doces, a quantidade de açúcar nesses alimentos é, em geral, muito elevada. Muitos deles têm como base, além do próprio açúcar, diversos tipos de gorduras (margarina, gordura vegetal hidrogenada e manteiga) o que os torna especialmente calóricos. As frutas, por sua vez, também contêm açúcares (de diversos tipos) mas nos fornecem vitaminas em maior quantidade e variedade do que os doces. Por isso mesmo, uma sobremesa composta de frutas em geral pode ser considerada mais saudável do que um doce. As carnes magras, por sua vez, são excelentes fontes de proteínas.

A intenção da pirâmide é ajudar você a comer uma variedade de alimentos para obter os nutrientes de que necessita e, ao mesmo tempo, fornecer calorias para ajudar a manter um peso saudável.

As questões discursivas de diversos vestibulares apresentam informações sob a forma de figuras, gráficos ou tabelas. Muitas delas exigem, para ser resolvidas, que o aluno reúna e combine informações apresentadas de modos diferentes. Por exemplo, pode ser preciso combinar informações de um gráfico com as de uma tabela. Quando dizemos "combinar", estamos querendo dizer que não basta entender cada uma delas em separado, mas que é preciso perceber as relações entre elas.

Além disso, a solução desse tipo de questões exige que o aluno raciocine e busque utilizar também informações que obteve na escola ou na sua própria vida (ao ler um jornal, por exemplo).

A solução depende, portanto, de vários elementos, que precisam ser combinados por você:



Muitas vezes a relação entre as diversas informações não é muito fácil de perceber. Uma boa ideia, ou melhor, um bom exercício para se fazer nesses casos é examinar cada uma delas em separado. Assim, se existe um gráfico, examine-o atentamente e tente identificar o que ele mostra. Por exemplo, se mostra o tamanho de uma população ao longo do tempo, cabe ver se ele aumenta, diminui ou se mantém o mesmo. Se compara o tamanho de várias populações, qual é a maior? Qual é a menor? Fazendo isso para cada tabela, gráfico ou figura, será mais fácil, depois, perceber as relações entre eles.

Nos capítulos anteriores estudamos os nutrientes (quais são, em que quantidades estão presentes nos alimentos e para que são usados em nosso corpo).

Agora vamos utilizar as informações que adquirimos nessas aulas, combinar com o que sabemos e tentar encontrar as relações entre os dados que mostraremos abaixo. Seria difícil fazer uma única pergunta que combinasse todas essas informações. Por isso, nosso exercício será um pouco diferente. Examine cada figura a seguir. Embaixo de cada uma delas escreva sua interpretação do que ela mostra. Depois, procure escrever um texto de mais ou menos 10 linhas, explicando as relações que percebeu entre elas. Escreva livremente. Se quiser, vá explicando aos poucos, tratando das relações entre duas figuras, depois de outras duas e assim por diante. Porém, acreditamos que se você tiver a paciência para estudar cada figura e escrever primeiro o que compreendeu de cada uma delas, conseguirá escrever um belo texto sobre uma questão importante e atual relacionada à nutrição e à saúde humanas.

Mãos à obra.

Década de 1980

Figura 6.2 / Foto: Ricardo Waizbort

Década de 2000

Figura 6.4 / Foto: Luis Motta

Figura 6.3

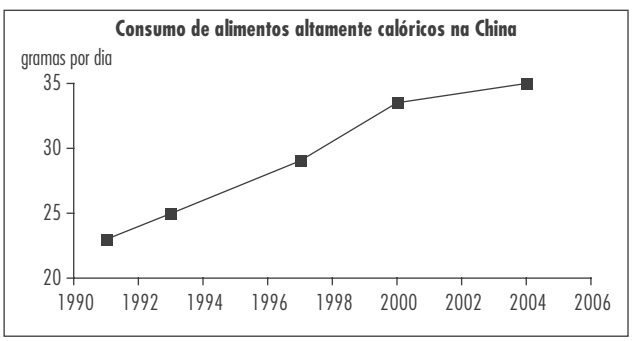


Figura 6.5

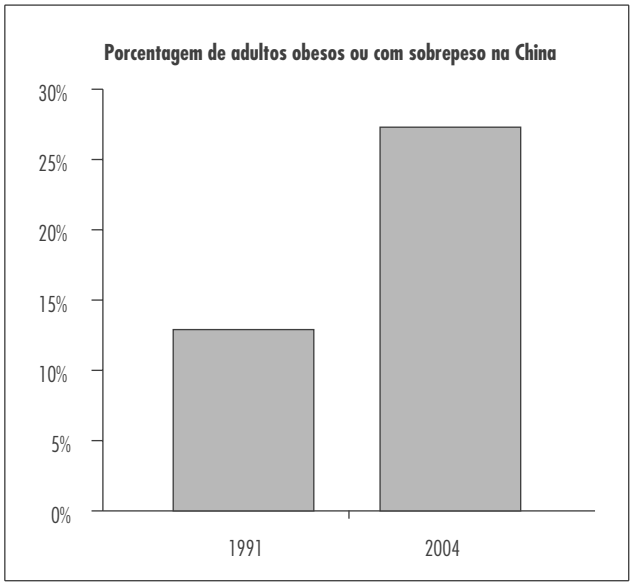


Figura 6.6

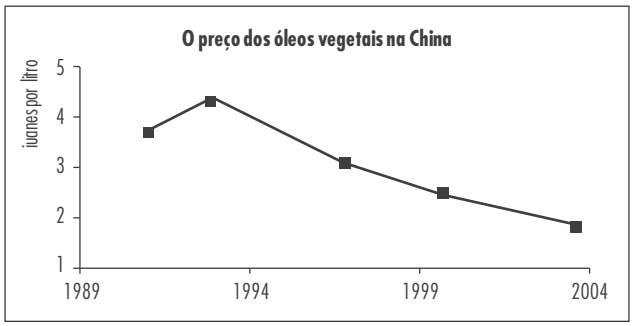


Figura 6.7

Agora vamos produzir o texto final. O título pode ser, por exemplo: "Relações entre nutrição e saúde: o que está mudando com o tempo?". Mas você pode escolher um título que apresente melhor o seu texto e as ideias que irá colocar nele. Às vezes só conseguimos pensar em um bom título depois de terminar de escrever.

Exercício

1) Você deve ter conhecimento que algumas dietas (como a do Dr. Atkins, p.ex.) sugerem que o paciente se alimente com refeições pobres em carboidratos (excluindo, portanto, as frutas, legumes e mesmo muitas verduras) e ricas em lipídeos e proteínas (carnes de todos os tipos, manteiga e óleos, entre outros).

A tabela abaixo mostra os resultados da dieta de um homem de 40 anos que realizou a dieta por vários meses. Durante esta dieta, o nutricionista mediu, a intervalos regulares, o peso total do paciente, bem como o peso da quantidade de gordura (somente de lipídeos) presente em seu corpo e seu peso magro (que inclui água e proteínas, principalmente). Analise a tabela e responda às questões abaixo:

Dias de dieta	Peso total (Kg)	Gordura total (Kg)	Peso magro (Kg)
0	124	32	92
20	117	27	90
30	111	24	87
47	108	20	88
82	106	19	87
133	107	20	87
153	104	17	87

a) Que percentagem da perda de peso corresponde às gorduras?

b) Que percentagem da perda de peso corresponde ao peso magro?

c) A que molécula(s) corresponde o peso que o paciente perdeu?

d) Qual o uso que o organismo deve estar fazendo de cada uma delas?

7

Energia e os seres vivos

:: Objetivos ::

• Compreender como se dá o fluxo de energia entre os diferentes seres vivos;

• Conhecer as definições e as características dos diferentes níveis tróficos

Como vimos nos capítulos anteriores, os diversos nutrientes presentes nos alimentos dos seres vivos têm funções variadas. As proteínas, por exemplo, são vitais tanto para o crescimento, porque constituem a maior parte da massa de um organismo, quanto para a produção de energia. Outros nutrientes que servem para a produção de energia pelos seres vivos são os lipídeos e carboidratos.

Neste capítulo vamos nos concentrar nas relações entre os seres vivos e na maneira como a energia circula entre eles. Vamos começar com uma afirmativa simples: as substâncias que compõem os seres vivos contêm energia. Vimos isso nos capítulos anteriores, quando identificamos os nutrientes energéticos. E como todos os nutrientes (e alimentos) que consumimos foram em algum momento parte de outros seres vivos (frutas, sementes, carne, ovos etc), é evidente que os componentes dos seres vivos possuem energia.

Essa conclusão pode ficar ainda mais clara se nos lembrarmos de algumas observações de nosso dia a dia. Em um churrasco, usamos carvão para fazer fogo e assar a carne. Para acender o carvão, usamos geralmente fósforos. Mas, uma vez aceso, o carvão passa a liberar calor intenso e luz (o fogo) durante muito tempo (e por isso assa a carne). O mesmo acontece com o próprio fósforo, feito de madeira (e portanto, de uma parte de uma árvore). Quando encostamos um fósforo aceso em uma folha de papel, ela também passa a liberar calor e luz (o fogo) durante algum tempo. E o papel nada mais é do que celulose, um carboidrato obtido das plantas. A mesma coisa acontece no caso da lenha. A gasolina e o óleo diesel, por outro lado, são produzidos a partir do petróleo, que, por sua vez, é o resultado da decomposição de seres vivos microscópicos que viveram há milhões anos atrás. Ou seja, esses seres vivos acumularam energia suficiente para gerar um combustível capaz de mover carros, navios e aviões. O calor e a luz, ou seja, a energia liberada por todos esses produtos derivados dos seres vivos estava contida, ou escondida, se você preferir, nas moléculas das substâncias que os compõem.

Vários componentes da matéria viva, portanto, contêm energia. Nete capítulo vamos nos concentrar em duas perguntas:

i. De onde vem a energia contida em cada ser vivo?

ii. Como cada tipo de ser vivo obtém essa energia?

Para tratar da primeira pergunta, podemos analisar mais algumas observações de nosso dia a dia, para depois voltar à Biologia. Quando utilizamos o gás de botijões, na verdade ele está sendo queimado e produzindo calor para cozinharmos os alimentos. Quando o gás acaba, a única maneira de conseguir mais é comprando um novo botijão cheio. Ou seja, à medida que se consome uma substância para a produção de energia, essa substância é transformada em outras, que já não contêm mais a mesma quantidade de energia do início; afinal, uma boa parte dela foi transformada em luz e calor.

Podemos pensar de modo semelhante em relação à energia dos seres vivos. Podemos dizer, por exemplo, que a energia da carne que comemos, veio dos componentes do corpo do boi abatido para obtenção da carne. O boi obteve energia a partir de seus próprios alimentos, em geral folhas ou grãos. Cada animal obtém energia das substâncias de seu corpo, que por sua vez, foram produzidas a partir dos alimentos que consumiram. Por isso mesmo, à medida que os seres vivos vão consumindo as substâncias que os compõem para produzir a energia de que precisam, esses seus "combustíveis" também vão sendo gastos. E a única maneira de obter mais energia é obtendo mais alimento. Pelo menos no caso dos animais, sejam eles carnívoros ou herbívoros, basta comer de novo. Mas e no caso das plantas?

As folhas ou grãos que alimentaram o boi de nossa breve história faziam parte de vegetais (plantas). Essas plantas não se alimentaram de nenhum ser vivo. Como as plantas obtêm alimento? Qual a fonte de energia que utilizam? A resposta, você já conhece: as plantas realizam fotossíntese, e a fonte de energia que utilizam é a luz, em geral, a luz do sol. No momento não nos importa detalhar o processo de fotossíntese, mas apenas recordar suas características gerais, que estão resumidas na figura 7.1, a seguir.

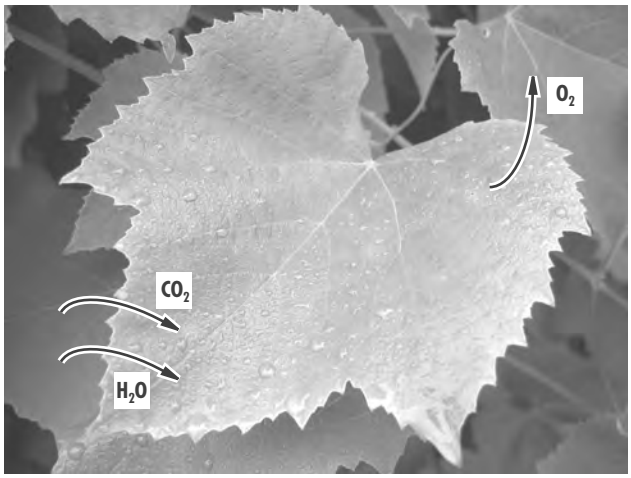


Figura 7.1: Fotossíntese: utilizando a energia luminosa, a planta consome CO_2 e H_2O, produz carboidratos que permanecem em suas células e O_2 que libera na atmosfera. Foto: Aurimas Gudas

Em nossos exemplos anteriores utilizamos os seres humanos e animais domésticos para ilustrar o fluxo de energia entre os seres vivos. No entanto, o mesmo ocorre em toda a parte, entre animais e plantas silvestres: as plantas produzem substâncias ricas em energia a partir de outras substâncias pouco energéticas.

Os animais herbívoros consomem as plantas, obtendo energia dos componentes de seu alimento. Os carnívoros se alimentam de herbívoros e deles obtêm a energia de que necessitam. Esse conjunto de relações entre espécies, nas quais umas consomem as outras, obtendo energia de seus alimentos é denominado de cadeia alimentar. Para que exista uma cadeia alimentar, precisamos de organismos capazes de produzir substâncias ricas em energia. Esses seres vivos são por isso mesmo denominados de produtores. Mesmo no mar, onde não existem plantas propriamente ditas, são as algas microscópicas (fitoplâncton), que vivem ao sabor das correntes marinhas, que realizam a maior parte da fotossíntese que ocorre nos oceanos. Esse fitoplâncton serve de alimento para pequenos invertebrados, que por sua vez são consumidos por invertebrados maiores ou vertebrados.

Um animal herbívoro consome um produtor, e por isso mesmo é denominado consumidor (porque consome outro ser vivo) primário (primeiro consumidor, pois consome um produtor). Se um carnívoro se alimenta de um herbívoro, é denominado de consumidor secundário. A um carnívoro que se alimente desse consumidor secundário denomina-se consumidor terciário e assim por diante. Essa sequência simplificada das relações alimentares (ou relações tróficas) entre seres vivos está mostrada na figura 7.2.

Figura 7.2: Esquema geral de uma cadeia alimentar

Em uma cadeia alimentar diz-se que a energia flui entre os seres vivos, ou melhor, entre os níveis tróficos (produtor, consumidor primário, consumidor secundário etc.). As setas na representação da figura 7.2 mostram exatamente isso: o sentido em que a energia flui nas cadeias alimentares. Os componentes das plantas que contêm energia podem tanto ser utilizados pelas próprias plantas em seu crescimento, quanto ser transferidos para um herbívoro que dela se alimenta. Quando ele obtém alimento a partir de componentes da planta, obtém necessariamente a energia que esses componentes contêm. Da mesma forma, a energia contida em herbívoros pode tanto ser utilizada por eles mesmos para se manter vivos, quanto ser transferida para um carnívoro que deles se alimenta. De fato, todos os seres vivos consomem uma boa parte da energia contida em seus alimentos para se manter vivos, crescer e se reproduzir. Esse consumo de energia é especialmente fácil de perceber nos mamíferos, como nós por exemplo. Isso porque nosso corpo produz calor o tempo todo, já que nossa temperatura se mantém por volta de 37ºC, independentemente de estar frio ou calor à nossa volta. Esse calor que produzimos vem necessariamente de componentes de nosso corpo (lipídeos, carboidratos e proteínas) obtidos dos alimentos.

Reflita agora sobre a seguinte pergunta: a quantidade de energia que um carnívoro obtém ao ingerir um herbívoro é maior, menor ou igual à que o herbívoro obteve das plantas que comeu? Para facilitar, considere que o carnívoro comeu todo o herbívoro, inclusive os alimentos que ainda estivessem no trato digestivo dele.

A energia disponível para um nível trófico é sempre menor do que a que existia no nível trófico anterior. Os seres vivos gastam uma parte da energia que obtêm dos alimentos consigo mesmos. Por isso, uma parte da energia se perde, em geral sob a forma de calor. Todos os seres vivos liberam calor, mesmo que não sejamos capazes de percebê-lo com nossos sentidos. Uma maneira de representar esse fluxo e essa perda de energia está mostrada na figura 7.3. Como você pode notar, a quantidade de energia vai diminuindo de um nível trófico para o outro.

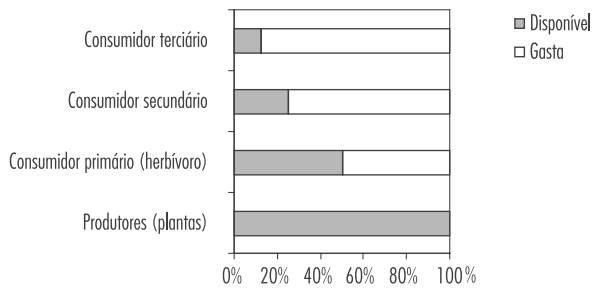


Figura 7.3: A energia ao longo de uma cadeira alimentar

A maneira mais comum de representar esse mesmo fenômeno, no entanto, são as pirâmides de energia (figura 7.4). Na verdade, se "pegarmos" as barras que representam a energia disponível em cada nível trófico do gráfico mostrado na figura 7.3 e as "empilharmos", obteremos a pirâmide mostrada na figura 7.4. Nessas representações também é mostrado que a energia disponível diminui de um nível trófico para o outro.

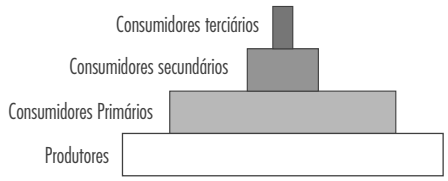


Figura 7.4: Uma pirâmide de energia

Nos parágrafos anteriores utilizamos exemplos simplificados de cadeias alimentares. Mas, na prática, essas sequências simples de espécies que consomem umas às outras praticamente não existem, ou melhor, fazem parte de um conjunto maior de relações alimentares. Na natureza, poucas são as espécies que se alimentam exclusivamente de uma única outra, tanto no caso de herbívoros quanto de carnívoros. E ainda existem animais onívoros, que se alimentam tanto de partes de vegetais quanto de animais (como é o caso dos ursos e do próprio homem). Com isso, o que existe de fato são teias alimentares, em que o fluxo de energia é complexo, refletindo as diversas relações alimentares existentes num dado ambiente, conforme mostrado na figura 7.5.

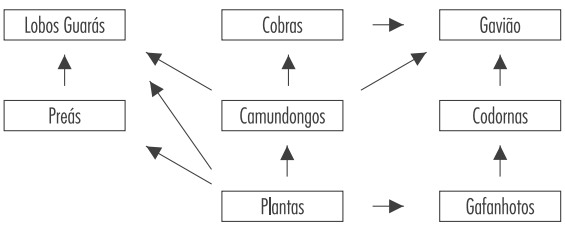


Figura 7.5: Uma típica teia alimentar existente em ambientes silvestres

Finalmente, para concluir este capítulo, precisamos introduzir um último conceito, essencial na compreensão das cadeias e teias alimentares. Durante sua existência, as plantas perdem folhas, produzem flores, frutos e sementes. Nem todas essas estruturas das plantas servem necessariamente de alimento para animais. Os animais produzem excrementos e urina, que podem ou não ser utilizados por outros animais. Animais e plantas mortas, por sua vez, têm muitas partes que não servem de alimento diretamente para animais. Todos estes restos de plantas e animais, no entanto, contêm nutrientes importantes, especialmente sais minerais, como ocorre no caso das folhas de plantas e ossos e chifres de animais. Há uma grande quantidade de seres vivos, muitas vezes microscópica, que encontra nesses restos a base de sua nutrição. Tais seres vivos são essencialmente as bactérias e os fungos (alguns dos quais produzem os conhecidos cogumelos e orelhas de pau).

Esses seres vivos decompõem os restos de outros seres vivos, obtém alguma energia dos mesmos, e, ao decompô-los, tornam muitas vezes disponíveis alguns de seus componentes para as plantas, em especial os sais minerais. Ao fazer isso, portanto, liberam os sais minerais "aprisionados" nos restos de seres vivos. Como vimos antes, os sais minerais, embora não sejam fontes de energia para os animais, são essenciais para a sobrevivência deles. Esses sais, embora tampouco sejam usados diretamente na fotossíntese, como o são o gás carbônico e a água,

são essenciais para que as plantas possam crescer e se multiplicar. As plantas obtêm os sais minerais do solo e os animais os obtêm dos alimentos. No entanto, com o passar do tempo, esses sais tenderiam a ficar lentamente acumulados nos restos de animais e plantas. Dessa forma não estariam mais disponíveis para as plantas vivas ou para aquelas que estariam brotando. Isso levaria ao gradativo empobrecimento do solo. É aí que entram os microrganismos. Por seu papel nas teias e cadeias alimentares, esses seres vivos são denominados decompositores, e são essenciais para a reciclagem da matéria nas teias alimentares e ecossistemas. Note bem que os decompositores não obtêm energia dos sais minerais, mas sim de nutrientes energéticos presentes nos restos de animais e plantas.

Figura 7.6: O orelha de pau acelera a descomposição de um tronco caído.

Resumo

• Os seres vivos precisam da energia química presente nos componentes dos alimentos para sobreviver.

• A cadeia alimentar é uma sequência de seres vivos em que um se alimenta do outro, representando a transferência de energia dos produtores para os consumidores.

• Teia alimentar é o conjunto de cadeias alimentares presentes em um dado ambiente.

• A energia flui sempre dos produtores para os consumidores e decompositores.

• A quantidade de energia disponível diminui ao longo da cadeia alimentar, à medida que se afasta dos produtores.

• A fonte de energia para os produtores é a luz solar.

• Os produtores são seres vivos capazes de produzir substâncias ricas em energia (alimentos) a partir de outras substâncias pouco energéticas (água e gás carbônico).

• Consumidores são seres vivos que consomem a matéria orgânica presente em outros seres vivos.

• Decompositores são seres vivos que obtêm energia da matéria orgânica proveniente dos restos de animais e plantas mortos.

• Os decompositores devolvem ao ambiente, na forma de moléculas mais simples, como os sais minerais, os componentes do corpo de animais e plantas mortos.

Exercícios

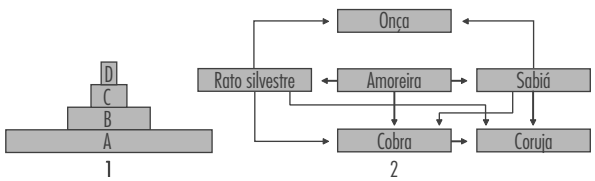
1) (Fuvest-SP – adaptada) Observe a teia alimentar representada na figura 7.5 e responda ao que se pede.

a) É possível determinar o nível trófico ocupado pelos lobos guarás? E aquele ocupado pelos gaviões? Justifique suas respostas.

b) A energia disponível no nível trófico ocupado pelos camundongos é igual, maior ou menor do que aquela disponível no nível das cobras? Justifique sua resposta.

2) (FAAP-SP – adaptada) Os esquimós, ou Inuits, são um povo nativo da América do Norte que vive em latitudes extremas do hemisfério norte, na região conhecida como Ártico. A região permanece congelada durante boa parte do ano. A alimentação dos Inuits é composta exclusivamente de peixes e mamíferos marinhos, como baleias e focas. Esquematize uma cadeia alimentar com pelo menos quatro níveis tróficos que inclua os Inuits, identificando o nível trófico ocupado por cada espécie. Justifique suas escolhas.

Use as figuras a seguir para responder às questões 3 e 4.



3) Considerando as figuras 1 e 2 acima, analise as afirmativas abaixo.

I – A coruja pode estar nos níveis tróficos C e D da pirâmide 1.

II – A amoreira só pode estar no nível A da pirâmide 1.

III – Os sabiás são consumidores secundários.

Assinale a opção que contém apenas afirmativa(s) correta(s):

(A) 1,2 e 3

(B) 1 e 2

(C) 1 e 3

(D) 2 e 3

(E) Todas estão incorretas

4) Sobre a Figura 1 é correto afirmar que:

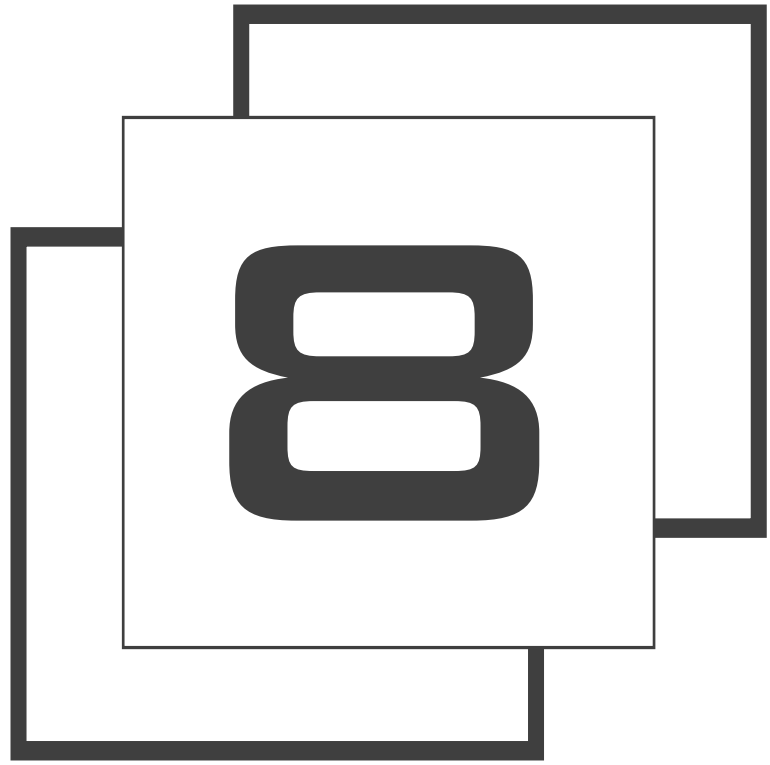
(A) O fluxo de energia se dá no sentido D $\rightarrow$ A.

(B) A diminuição da energia disponível em B e A se deve à fotossíntese.

(C) A diminuição da energia disponível entre B e C se deve à respiração.

(D) As espécies nos níveis B e C são necessariamente onívoras.

(E) As espécies no nível C são herbívoras.



8

Competição

:: Objetivos ::

• Compreender conceitos básicos de ecologia, tais como habitat, competição, nicho ecológico.

• Compreender as etapas úteis para solucionar alguns problemas de vestibulares, utilizando e desenvolvendo habilidades tais como a identificação das informações relevantes fornecidas no enunciado, articulação destas com os conceitos necessários à solução da questão e identificação da pergunta a ser efetivamente respondida.

Introdução

Neste capítulo vamos trabalhar de uma maneira bem diferente daquela que usamos nos capítulos anteriores. Podemos dizer que ele será dividido em duas etapas, como informamos nos objetivos.Vamos apresentar alguns conceitos básicos de ecologia e, em seguida, vamos exemplificar como esses conceitos básicos, associados a algumas habilidades desenvolvidas em capítulos anteriores (análise de gráficos e formulação de hipóteses) podem ser fundamentais (e suficientes) para resolver algumas questões de vestibular.

Nesta primeira etapa os conceitos serão apresentados de modo direto, sem necessidade de interpretação dos resultados de experiências. Isso porque acreditamos que você já utilizou bastante esse tipo de atividade e tem condições de usar raciocínios semelhantes aos que usou nos capítulos anteriores para resolver questões. Vamos a esse conceitos, então.

Conceitos básicos de Ecologia

Um primeiro conceito a ser compreendido é o de *habitat*. O habitat pode ser definido como ambiente em que um organismo vive. O habitat de uma espécie de papagaio, por exemplo, pode ser a floresta tropical. Pode-se também usar uma definição mais restrita de habitat. Duas espécies de pássaros (A e B) podem usar uma mesma árvore para viver e se reproduzir, mas uma delas usa os galhos mais altos e próximos do tronco para fazer seus ninhos, enquanto a outra usa as pontas dos galhos mais baixos.

Uma população é composta por organismos de uma mesma espécie que vivem em um mesmo local em um dado tempo. Assim, podemos também nos referir ao habitat de uma população. Em um mesmo habitat podemos ter diversas populações. No exemplo dado há pouco, por exemplo, temos as populações da espécie A e B. Mas poderíamos incluir também a população de uma ave de rapina, como o gavião, por exemplo, que é um predador das espécies A e B. Poderíamos incluir também as próprias árvores em que os pássaros fazem seus ninhos, ou melhor, todas as árvores daquela floresta tropical. Esse conjunto de populações que vive em um dado local em um dado tempo, e que é característico daquelas condições ambientais é denominado de comunidade.

Um conceito importante, e que inclui o habitat, é o de nicho ecológico. O nicho ecológico é, na verdade, um conceito abstrato, mas de modo geral podemos dizer que ele significa o modo de vida único e particular que uma espécie ocupa, explora e se relaciona com seu habitat. O conceito de nicho, embora bastante impreciso, é muito útil, e em geral é melhor compreendido quando usamos exemplos. Usemos o exemplo do papagaio A de que falamos há pouco. Essa espécie é frutívora, se alimentando de frutos de casca relativamente dura de algumas espécies de árvores, é diurna, nidifica em árvores de uma determinada espécie e serve de presa para os gaviões e jaguatiricas. Essa descrição caracteriza o nicho ecológico do papagaio da espécie A. Como você deve ter notado, o nicho inclui características de vários tipos. De um modo simplificado, podemos dizer que o nicho é o "papel desempenhado pela espécie no meio ambiente".

A quantidade de nichos ecológicos de uma região é uma de suas características mais importantes. Se imaginarmos que cada espécie ocupa um nicho ecológico específico, quanto maior a diversidade de nichos, maior a diversidade de espécies. Embora não seja realista pensar em contar nichos ecológicos, já que se trata de um conceito abstrato, é possível perceber algumas relações entre os diferentes tipos de ambientes e os nichos. Nas florestas temperadas, por exemplo, as condições climáticas (inverno rigoroso, por exemplo) restringem a diversidade de plantas capazes de sobreviver. As árvores e plantas em geral estão intimamente relacionadas aos animais existentes, pois são fonte de alimento, de abrigo e, muitas vezes, são o próprio habitat de algumas espécies (esquilos, por exemplo, passam a maior parte do tempo na copa das árvores, longe do solo).

Nas florestas tropicais, o clima razoavelmente constante e ameno, e a abundância de água durante todo o ano permitem o surgimento de uma grande diversidade de plantas. Essa grande diversidade gera também aquilo que chamamos de microclimas. Ou seja, no topo das árvores (dossel) há muita luminosidade, luz solar, já abaixo dele a luminosidade é reduzida, mas a umidade aumenta. Essa diversidade de microclimas, entre outras razões, permite a sobrevivência de muitas espécies de animais diferentes. Cada espécie de animal encontra-se adaptada a um nicho muito específico, determinado muitas vezes pelas condições de um microclima. Muitas vezes uma espécie de animal depende inteiramente de uma única espécie de planta, que só existe em um determinado microclima. Ou seja, a existência de muitas espécies está relacionada à existência de microclimas e diversidade de plantas. Em última análise, cada espécie explora um conjunto de recursos muito específico. Por esse motivo, o número de espécies é alto, assim como a proporção de espécies endêmicas (que só existem naquela região) também é alto, já que cada uma está associada a um nicho muito específico.

Há casos em que abundância de água é relativa, como é o caso da Tundra situada nas regiões mais ao norte do hemisfério norte. Ali, embora exista água abundante no solo, a mesma se encontra congelada na maior parte do tempo, devido às baixas temperaturas. Essa condição é denominada seca fisiológica, e limita severamente vale quantidade de espécies de plantas (e portanto de animais) existentes na região. De modo similar, a escassez de água dos desertos implica em menor diversidade de plantas, animais – aqui também há menos nichos ecológicos disponíveis.

Como vimos, embora não seja possível contar os nichos existentes em uma região, é possível perceber que há uma relação entre os fatores abióticos (luminosidade, umidade, temperatura e outros fatores não vivos) e os seres vivos. Em última análise, os dois se afetam mutuamente, já que os fatores abióticos impõem restrições a algumas espécies e favorecem outras, ao mesmo tempo em que as espécies que vivem em uma região influenciam seus fatores abióticos como mostramos no caso dos microclimas mencionados das florestas tropicais.

Vamos trabalhar um pouco com o conceito de nicho ecológico, para compreender melhor as consequências da utilização desse conceito.

A seguir vamos lhe apresentar uma tabela com os nichos ecológicos de quatro espécies de aves (A a D). Suponha que você é proprietário de um sítio ou fazenda, e que gostaria de usar suas terras como uma espécie de reserva florestal, para que nela vivesse o maior número de espécies de aves, com o maior número de indivíduos de cada espécie. Você começaria soltando cinco casais de cada espécie escolhida. Procure agora avaliar quais as espécies que você deveria ter em sua reserva, para atingir os objetivos desejados.

Característica	A	B	C	D
Período de atividade	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
Alimentação	Insetívoro	Frutívoro	Sementes	Frutívoro
Nidifica em:	Buracos no chão	Galhos altos	Troncos ocos	Galhos baixos
Espécie de árvore em que nidifica	-	Sumaúma	-	Sumaúma
Época de acasalamento	Maio a agosto	Janeiro a março	Maio a agosto	Janeiro a março
Predadores	Aves de rapina	Aves de rapina	Aves de rapina	Aves de rapina

A resposta não é simples, como você deve ter notado. Vamos tentar comparar alguns pares de espécies de cada vez. Por exemplo, que dificuldades teríamos se colocássemos as espécies A e B juntas? Os nichos ecológicos das duas espécies são quase totalmente diferentes, exceto pelos predadores, que são os mesmos. Uma maneira de resolver a questão é pensar no seguinte: se a população das duas espécies for aumentando ao longo do tempo, isso trará problemas para ambas, ou, pelo menos, para uma delas? Dificilmente. Agora compare os nichos das espécies B e D.

Como você deve ter notado, os nichos são muito parecidos, exceto pelos locais de nidificação. Mas isso seria um problema? Vamos pensar na época da reprodução. De janeiro a março, as populações das duas espécies serão maiores, pois ambas estarão se reproduzindo. Isso significa que precisarão de mais alimento. E ambas se alimentam das mesmas coisas, ou seja, de frutos. No começo de seu projeto, as populações seriam relativamente pequenas. Por isso o alimento seria suficiente e a maioria dos filhotes poderia ser alimentada sem problemas. Com isso, a população cresceria a cada ano. Ou seja, a cada ano haveria mais adultos e filhotes precisando se alimentar. Mas o número de árvores, e, portanto de frutos, seria o mesmo do começo do projeto. Como resultado disso, elas acabarão disputando o alimento. E haverá um momento em que as populações das duas espécies não poderão crescer mais, porque não haverá alimento suficiente. Para que uma população crescesse a partir daquele momento, seria necessário que a outra diminuísse (assim sobraria mais alimento para a outra). Estaria ocorrendo entre essas espécies (populações, no caso) um processo de competição. Um dos resultados da competição é a redução do tamanho de uma população, ou mesmo a extinção de uma das espécies no local (no caso, o seu sítio).

A extinção de uma das espécies não é a única possibilidade nos casos de competição. Poderia também acontecer de uma espécie se adaptar a comer outra coisa que não frutos, o que automaticamente reduziria a competição entre elas. Há outras possibilidades, mas você já deve ter percebido que a competição ocorre quando os nichos ecológicos se superpõem em características que limitam o crescimento das populações.

Uma outra maneira de ver esse fenômeno é pensar nos nichos como conjuntos de características. Quanto maior a interseção entre estes conjuntos, maior a chance de haver competição. É claro que nem todas as características comuns entre os nichos geram competição entre as espécies. O fato de duas espécies serem presas de um mesmo predador não gera competição entre elas, por exemplo. Ou, no caso das espécies A e C da tabela, embora elas se reproduzam na mesma época e sejam diurnas, elas não competem por alimento. Dificilmente o tamanho de uma população influenciaria no tamanho da outra. A princípio, porém, podemos dizer que quanto maior a interseção, ou, como se diz em ecologia, quanto maior a superposição de seus nichos ecológicos, maior a probabilidade (chance) de ocorrer competição entre duas ou mais espécies.

Vamos supor então que você decidisse incluir somente casais da espécie A, para resolver o problema da competição. Desta forma, podemos esperar que a população de aves da espécie A cresça sem parar. Essa capacidade de uma população crescer sem restrições é denominada de potencial biótico de uma espécie. No caso de haver uma única espécie, ela poderia realmente dar vazão a todo seu potencial biótico? Afinal, introduzindo apenas uma espécie, não haveria competição? Em qualquer ambiente (seu sítio, por exemplo) existem diversos fatores que impõem limites ao crescimento das populações. Assim, embora muitos filhotes nasçam a cada ano, uma boa parte deles morre de doenças, é atingida por parasitas ou consumida por predadores. Além disso, existe sempre uma certa taxa de mortalidade entre os adultos da população. Esses fatores que impõem restrições ao crescimento das populações compõem aquilo que é chamado de resistência ambiental ou resistência do meio.

Como vimos, em função de suas características, cada ambiente impõe um limite ao tamanho de uma população. Ou seja, existe um número máximo aproximado de indivíduos de cada espécie que pode viver naquele ambiente (figuras 8.1 e 8.2). Esse número máximo que o ambiente é capaz de manter é denominado capacidade de suporte. É de se esperar, portanto, que o tamanho das populações se mantenha próximo da capacidade de suporte. Em ambientes naturais isso parece ocorrer com frequência.

Curvas de crescimento populacional

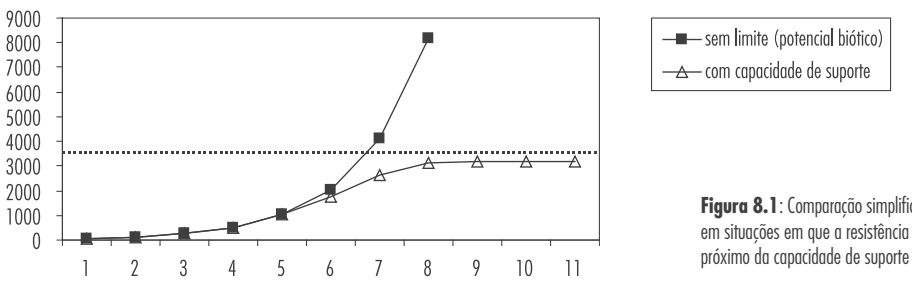


Figura 8.1: Comparação simplificada entre o potencial biótico e o crescimento populacional esperado em situações em que a resistência ambiental limita o crescimento da população, cujo valor se mantém próximo da capacidade de suporte do meio.

Curvas de crescimento populacional

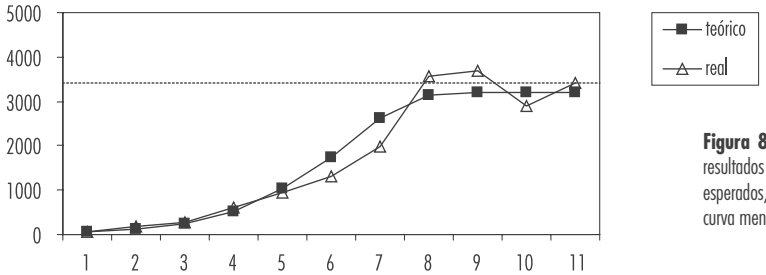


Figura 8.2: Comparação entre uma curva de crescimento teórica de uma população e o tipo de resultados que se obtém em estudos reais. No caso desses últimos, os valores são próximos dos esperados, mas erros de medida e variações nas características do ambiente tornam o traçado da curva menos regular.

A resistência ambiental é consequência do equilíbrio de uma série de fatores. Esses fatores vêm interagindo por muito tempo, ao longo do processo evolutivo. Existem casos em que uma mudança muito acentuada em um desses fatores pode ter consequências drásticas sobre o tamanho de uma população. Um fenômeno desse tipo foi observado no caso de uma certa espécie de veados americanos, o *Odoicoileus hemionus*.

Os veados daquela espécie foram intensamente caçados entre os séculos XVIII e XIX. A caça em si já era um fator novo que passou a compor a resistência ambiental enfrentada pela espécie. No entanto, esse fator não estava presente ao longo do processo de evolução da espécie, e, foi tão intenso, que reduziu o número de veados até quase sua extinção. Seu número caiu tão drasticamente, que se decidiu proibir a sua caça a partir de 1906. A caça aos predadores dos veados, no entanto continuou, e foi até mesmo estimulada, como um mecanismo adicional para permitir o crescimento da população da espécie ameaçada. Em consequência disso, predadores como os pumas e os lobos foram intensamente caçados. Como era de se esperar, a população de ambos diminuiu assustadoramente. Também como era de se esperar, a população de veados experimentou um crescimento contínuo e elevado por cerca de 20 anos. No entanto, após esse período, verificou-se que a mortalidade entre os filhotes tornou-se extremamente elevada. O alimento tornou-se escasso, as pastagens foram irreversivelmente danificadas pelos veados numerosos e famintos, de modo que a maior parte deles morreu em um curto período tempo. Nos vinte anos seguintes a população diminuiu até praticamente retornar ao tamanho que tinha na época da proibição da caça.

Uma interpretação aparentemente coerente para o fenômeno que descrevemos acima é a de que, com a eliminação dos predadores, eliminou-se também um importante fator de resistência ambiental. Com isso, a população de veados pôde crescer provavelmente até um número muito superior à capacidade de suporte do ambiente. Com isso, a população atravessou uma crise e decaiu novamente. É possível que a presença de um número adequado de predadores pudesse ter contribuído para que a população de veados não ultrapassasse tão amplamente a capacidade de suporte do meio. Um caso semelhante, mas sem interferência humana, foi observado na ilha Royale, no Alaska. Essa ilha foi naturalmente colonizada por um pequeno grupo de alces que caminhou sobre o gelo até ela por volta de 1900. Em 35 anos havia cerca de 3000 alces na ilha. Esse grande número de herbívoros consumiu praticamente toda a pastagem existente. Em consequência disso, cerca de 90% dos animais morreu de inanição ou doenças a ela associadas nos anos seguintes. Como alguns animais sobreviveram, e a pastagem se recuperou, em 1948 o número de alces alcançou valores próximos de 3000 indivíduos. E, mais uma vez, a maioria dos alces morreu.

Uma maneira simplificada de entender o problema com os alces e veados é perguntar: qual é a espécie que possui um nicho ecológico mais parecido, ou melhor, idêntico ao dos alces? A resposta é: os próprios alces. E, nesse caso, a competição se dá por todas as características do nicho. Esse é um caso extremo de competição entre membros de uma mesma espécie, ou competição intraespecífica. Na verdade, alguma competição está sempre ocorrendo entre os membros de uma mesma população. E isso é um dos fatores que influencia a evolução das espécies. Ou seja, os indivíduos mais adaptados entre os membros de uma população tendem a ter mais chances de se reproduzir. Com isso, suas características (no caso, as herdáveis, ou seja, as geneticamente determinadas) tornam-se mais frequentes nas gerações seguintes, e, portanto, na população (e, nesse caso, na espécie).

A ideia de que os predadores e presas podem exercer papéis mútuos e fundamentais no controle do tamanho da população de ambos veio de um estudo feito no século XIX, na Baía de Hudson, no Canadá. A companhia responsável pelo comércio local de peles manteve, desde 1800, arquivos rigorosos quanto aos números de peles de lince e de lebre vendidas. Esses valores refletiriam o tamanho da população de cada espécie, uma vez que, se a população de lebres fosse grande, mais exemplares da espécie seriam capturados nas armadilhas. O mesmo valeria para a população de linces. A figura 8.3 mostra os tamanho das populações dos dois animais ao longo do século XIX e início do século XX. Analise a figura com atenção, e reflita sobre as questões propostas a seguir.

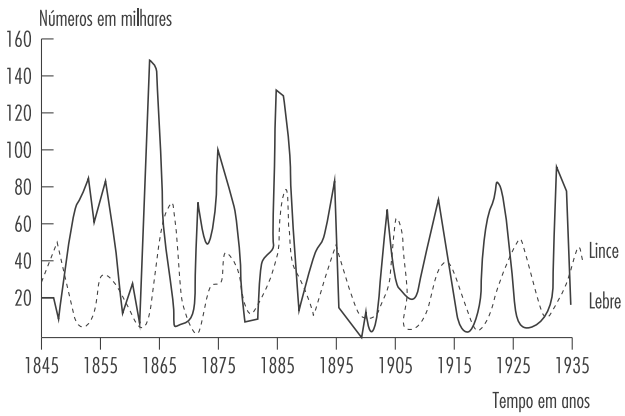


Figura 8.3: variação no tamanho das populações de linces e lebres ao longo do tempo.

Atividade 1

Descreva, de modo resumido, as variações que ocorrem com a população de lebres ao longo do tempo de observação. Não precisa detalhar ano a ano, apenas identificar e descrever o padrão de variação existente – se houver algum.

Atividade 2

Faça o mesmo para a população de linces.

Atividade 3

Reflita e proponha uma hipótese que relacione as variações nos tamanhos das populações das duas espécies.

Como você deve ter notado, sempre que há um aumento no número de lebres, ocorre um aumento quase imediato na população de linces. A explicação mais tentadora para esses dados, e que foi utilizada durante muito tempo, é a seguinte: o aumento da população de lebres torna o alimento dos linces (as próprias lebres) mais abundantes, e com isso, um maior número de linces que atinge a idade adulta também aumenta. Porém, com o aumento do número de linces, aumenta a predação das lebres e seu número diminui. Com isso, o alimento dos linces torna-se escasso e o número desses animais cai em seguida. Naturalmente, com isso a predação sobre as lebres diminui e seu número torna a crescer. Essa explicação é muito simples e tentadora, mas nem por isso é necessariamente verdadeira (embora tampouco se tenha mostrado que ela é falsa). Talvez você não tenha proposto essa explicação, já que vínhamos discutindo a capacidade de suporte nas seções anteriores de nosso capítulo. Então, vamos aproveitar e propor uma nova atividade.

Atividade 4

Proponha uma explicação para a variação observada na população de lebres, que não considere a população de linces.

Uma possível explicação está relacionada à capacidade de suporte das próprias lebres. Pode ser que, quando o número desses animais aumenta muito, o alimento torna-se escasso, sobrevêm a inanição e as doenças a elas associadas, e, com isso, a população de lebres diminuiria. Com a queda no número de lebres, o estoque de alimento desses animais poderia se recuperar e, com isso, seu número voltaria a crescer. Isso teria realmente uma consequência sobre a população de linces, pois com a escassez de lebres, esses predadores encontrariam menos alimento disponível e muitos deles pereceriam. Nessa explicação apenas a população de presas regula a população de predadores, mas é regulada por outros fatores. Essa explicação é a preferida de muitos autores.

Um estudo experimental interessante foi feito por dois autores americanos, na década de 1980, para analisar um outro caso de regulação de populações por seus predadores ou competidores. Os autores do estudo observaram que nas ilhas em que existiam lagartos, as populações de aranhas eram muito pequenas, ou mesmo ausentes. Por outro lado, o número de espécies, e de indivíduos de cada espécie de aranha era muito maior em ilhas nas quais não havia lagartos. Os autores selecionaram então algumas áreas de ilhas onde havia lagartos e a cercaram com uma tela que impedia a entrada ou saída desses animais no local. De alguns dos cercados foram removidos todos os lagartos, enquanto em outros esse animais foram deixados no interior. Em seguida os autores introduziram aranhas em todos os cercados. Após dois anos os autores mostraram que tanto a quantidade de aranhas, quanto a diversidade de espécies desses artrópodes era maior nos cercados sem lagartos.

Atividade 5

Proponha pelo menos dois mecanismos pelos quais se possam explicar as diferenças entre os dois tipos de cercados.

Demonstrar diretamente um fenômeno de autorregulação de populações de predadores e presas não é simples, e, na maioria dos casos, mais de uma explicação (hipótese) pode ser formulada para explicar as observações, o que não permite que se determine qual delas está correta.

Acreditamos que podemos passar agora à analise de questões sobre o tema.

Resumo

- Habitat é o ambiente onde uma espécie vive.
- Nicho ecológico é o papel que uma espécie desempenha no ambiente.
- Quanto maior a superposição dos nichos ecológicos de duas espécies, maior será a chance de ocorrer competição entre elas.
- Potencial biótico é a capacidade de uma população crescer sem restrições em condições favoráveis.
- Resistência do meio é o conjunto de fatores que impõem restrições ao crescimento das populações, tais como parasitismo, predatismo, competição, disponibilidade de alimentos, disponibilidade de espaço, doenças e condições climáticas.
- Capacidade de suporte do meio é o número máximo de indivíduos de uma espécie que o ambiente pode manter.

Resolvendo questões de vestibular ou similares

Vamos começar com uma questão que caiu no vestibular da UFRJ em 2002. É uma questão que parece simples, mas que envolve a articulação de vários conceitos de ecologia. Por isso vamos resolver essa questão usando uma sequência

de passos muito definida, que explicaremos a seguir. Não se trata de uma receita que vai servir para resolver qualquer questão, nem de uma receita que você terá de seguir sempre. A abordagem que estamos propondo é boa para você usar agora, e nas questões seguintes. Depois, com o tempo, você irá aprimorar a habilidade de fazer esses passos mental e rapidamente. Mas, por enquanto, é preciso fazer cada questão com calma e muita atenção, para pegar o jeito. Eis os passos que estamos propondo:

• Leia o enunciado com atenção. Isso significa ler a primeira parte da questão, onde são dadas as informações, pelo menos duas vezes antes de ler a pergunta propriamente dita. Identifique por escrito os conceitos tratados na questão. Enuncie os conceitos por escrito. Por exemplo, se a questão se refere ao habitat, escreva uma definição muito sintética de habitat, para estar seguro de que se recorda dela. Não consulte a apostila (pelo menos não nessa primeira tentativa). Trata-se de uma questão de ecologia, portanto tenha isso em mente ao destacar os conceitos. Faça isso na primeira questão proposta e retorne para ler o segundo passo.

• Como você notou, o enunciado dá algumas informações. Algumas delas serão essenciais para resolver a questão, outras não. Essa questão tem um gráfico. Esse gráfico é, na verdade, o foco do problema que deverá ser resolvido em seguida. Analise o gráfico e descreva por escrito as informações que ele contém, antes de ler a pergunta. Faça isso e retorne para ler o próximo passo.

• Leia agora a pergunta propriamente dita. Identifique os conceitos novos que ela pode ter introduzido. Antes de respondê-la, releia suas anotações

• Responda a questão. Em geral você deverá ter de relacionar os conceitos da primeira parte com os da pergunta. Esteja atento para isso.

• Se não conseguir responder após duas ou três tentativas (leituras completas), releia na apostila as definições dos conceitos que você mesmo identificou na questão. Em seguida, tente responder de novo.

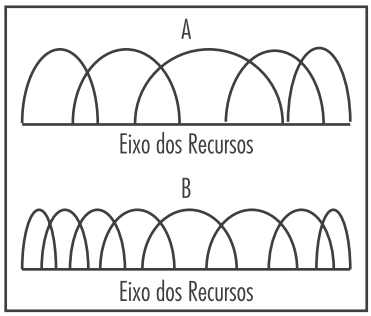
• Agora trate sua resposta como uma hipótese. Ou seja, volte ao gráfico e verifique se a resposta que você propôs é compatível com as informações mostradas no gráfico.

• Se possível, compare sua resposta com a de seus colegas antes de ler o gabarito. Caso vocês tenham proposto respostas diferentes, discutam os conceitos e raciocínios em que cada um se baseou para dar uma determinada resposta. Vejam se um consegue convencer o outro da resposta dada, ou seja, se chegam a uma resposta comum. Isso é importante, porque, como já dissemos, em seguida à questão virá a resposta. Às vezes, mesmo depois de propor a resposta errada, quando olhamos o gabarito percebemos que cometemos um erro bobo, e pensamos "agora eu não erro mais isso". Essa ideia pode até estar correta, mas o fato é que questões muito parecidas não costumam cair nos vestibulares mais concorridos. Além disso, do ponto de vista do exercício a que estamos nos propondo, a questão estará perdida. Pois não adiantará nada você voltar e refazer os passos depois de olhar a resposta. Isso porque estará fazendo os passos conhecendo o gabarito, o que, acredite, é completamente diferente de tentar dar esses mesmos passos sem saber se está indo na direção certa. Finalmente, vale a pena lembrar que o número de questões que temos para resolver em cada aula é limitado e pequeno. Assim, cada oportunidade de fazer um exercício realmente aprofundado que perdemos, dificilmente poderá ser substituída.

Mãos (e mente) à obra.

Exercícios

1) (Prova 2, UFRJ / 2002) As figuras abaixo (A e B) mostram graficamente dois conjuntos de espécies e seus respectivos nichos (áreas delimitadas pelas curvas). Uma das figuras representa a zona temperada e a outra, a zona tropical. Qual figura corresponde à zona tropical e qual corresponde à zona temperada? Justifique sua resposta, apresentando duas razões para sua escolha.

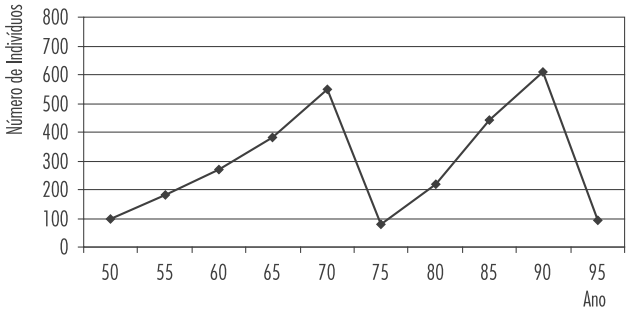


O gabarito oficial apresentado pela UFRJ está transcrito a seguir. Compare-o com sua resposta. Caso não tenha compreendido a resposta, discuta-a com seu tutor.

Gabarito: A área A representa a zona temperada, pois há menos espécies e os nichos são maiores. A área B representa a zona tropical, pois há mais espécies e os respectivos nichos são menores.

Agora passemos para uma questão que, embora não tenha caído em nenhuma prova de vestibular, se presta ao mesmo tipo de exercício que você fez na questão acima. Leia com atenção o enunciado e procure repetir os passos dados na questão anterior. Faça isso mesmo que a resposta lhe pareça óbvia, pelos motivos que já lhe explicamos antes.

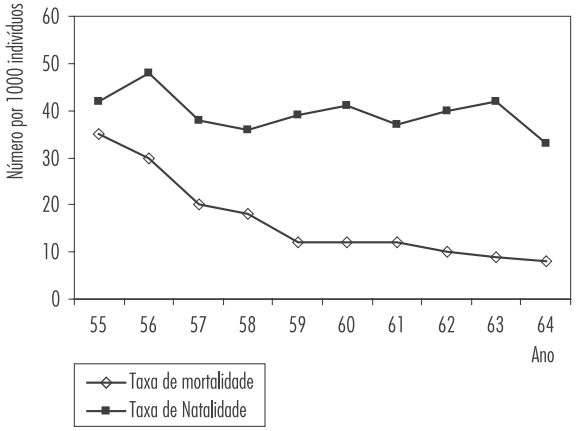
2) Em 1950 uma determinada espécie de borboleta foi considerada ameaçada de extinção, porque sua população parecia ser extremamente pequena. Um grupo de pesquisa realizou amostragens periódicas do tamanho da população de borboletas ao longo de vários anos. O gráfico a seguir mostra a variação no tamanho da população ao longo do tempo. Determine, com base nos dados disponíveis, qual deve ser o valor aproximado da capacidade de suporte para essa população de borboletas. Justifique sua resposta.



Faça agora o mesmo para a questão a seguir. Se não achar necessário, não escreva os passos. Mas neste caso não lhes daremos a resposta correta – ao menos por enquanto. Discuta sua resposta com colegas, comparando-a com as deles. Se tiverem proposto coisas diferentes, refaçam os passos usados na questão anterior por escrito e peça aos seus colegas que façam o mesmo.

Analisem os passos e vejam onde estão as diferenças. Tentem chegar à uma resposta única.

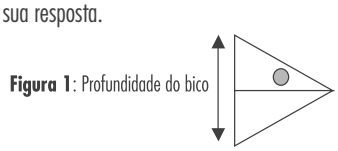
3) Um pesquisador estimou as taxas de mortalidade (número de mortes em um dado período de tempo) e de natalidade (número de nascimentos em dado período de tempo) para uma população de roedores do hemisfério norte ao longo de vários anos. O gráfico a seguir mostra os resultados das medições.

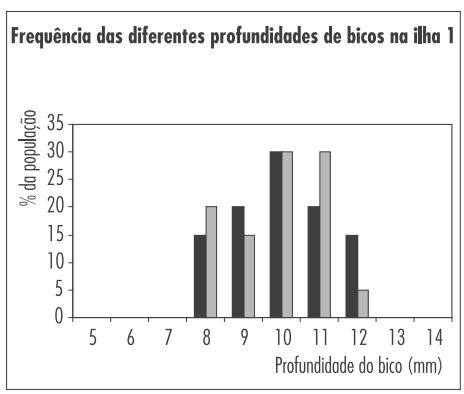


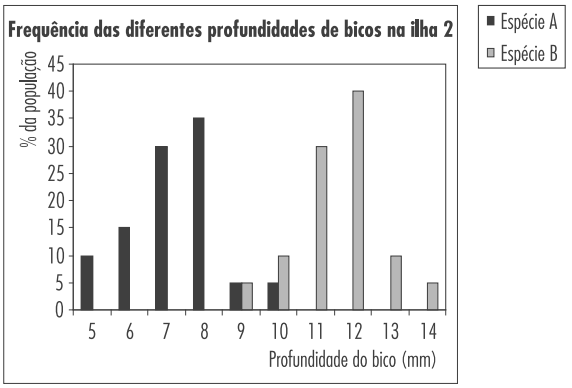
a) Determine, com base nos resultados, se a população está crescendo ou diminuindo. Justifique sua resposta.

b) O tamanho da população está acima ou abaixo da capacidade de suporte? Justifique sua resposta.

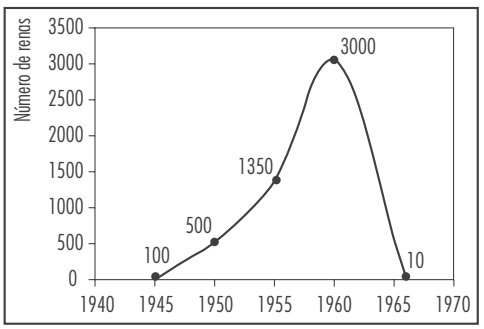
4) A forma e o tamanho dos bicos das aves têm relação com o tipo de alimentação de cada espécie, ou seja, são adaptações que servem para a alimentação. Uma das medidas que se usa para comparar os bicos de aves é a sua "profundidade". Essa é a medida da distância entre o topo da metade superior até a parte de baixo da metade inferior do bico (figura 1). Os gráficos a seguir mostram as profundidades dos bicos de duas espécies de aves (A e B) em duas ilhas (1 e 2). Com base nos dados, identifique a ilha em que ocorre mais competição entre as espécies A e B. Justifique sua resposta.







5) (UFRJ / 2006) As renas são mamíferos herbívoros que conseguem viver em locais de inverno rigoroso. Em 1945, cem desses animais, com representantes dos dois sexos, foram introduzidos em uma pequena ilha. A variação do número de renas ao longo de 21 anos é mostrada na figura. Nenhuma nova espécie se estabeleceu nessa ilha após 1945.



a) Explique a variação do número de renas no período 1945/1960.

b) Sabendo que nenhuma doença infecciosa foi observada ao longo do período analisado, explique a variação do número de renas entre 1960 e 1966.

6) A tabela a seguir apresenta as composições relativas dos hábitos alimentares de quatro espécies A, B, C e D.

Tipo de alimento	Espécie A	Espécie B	Espécie C	Espécie D
Mosquitos culicídeos	70%	15%	5%	69,5%
Odonatas jovens	28,5%	80%	20%	29%
Algas	1,4%	4,8%	50%	1,3%
Girinos	0,1%	0,2%	25%	0,2%

Duas das quatro espécies apresentadas na tabela não vivem em simpatria, ou seja, não ocupam a mesma área geográfica; diversas tentativas de introduzir uma dessas duas espécies na área ocupada pela outra fracassaram.

Identifique as duas espécies que não vivem em simpatria. Justifique sua resposta.

7) A biosfera está repleta de diferentes tipos de interações ecológicas entre seres vivos. Essa interações podem ser harmônicas (trazer benefícios para pelo menos uma das espéces) ou desarmônicas (uma das espécies tem prejuízo). Dentre essas últimas destaca-se o predatismo. A relação presa x predador pode parecer, à primeira vista, um grande malefício para as presas. Sabe-se, porém, que a remoção completa de predadores pode trazer danos por vezes irreparáveis à população de presas ou prejudicar o ecossistema em que elas vivem.

Sobre o assunto, assinale a alternativa correta.

(A) O aumento da população de predadores reduz a resistência ambiental ao crescimento das presas, aumentando assim a capacidade suporte dessas últimas.

(B) Populações de presas, em um ambiente onde não haja seu predador, crescem indefinidamente de acordo com seu potencial biótico, uma vez que não há outros fatores que regulem sua população.

(C) A ausência de predadores pode acarretar um crescimento exagerado na população de presas, com sérios prejuízos para as últimas, como escassez de alimento e aumento de doenças.

(D) O aumento na quantidade de presas pode intensificar a competição entre os predadores.

(E) Na ausência de predadores naturais, a introdução em um local de uma espécie exótica, com hábitos ecológicos ainda não determinados, trará maiores benefícios ambientais.

8) (COC Enem) A biosfera está repleta de diferentes tipos de interações ecológicas entre seres vivos, harmônicas e desarmônicas. Nestas últimas, destaca-se o predatismo. A relação presa x predador pode parecer, à primeira vista, um grande malefício para a população de presas, o que não se confirma a longo prazo. Sobre o assunto, assinale a alternativa incorreta.

(A) O predadismo é uma forma de seleção natural para a população de presas, selecionando os indivíduos mais aptos.

(B) Populações de presas e predadores estabelecem um equilíbrio dinâmico ao longo do tempo, constituindo uma forma de controle populacional mútuo.

(C) A ausência de predadores poderia acarretar um crescimento exagerado na população de presas, com sérios prejuízos para as últimas, como escassez de alimento e aumento de doenças.

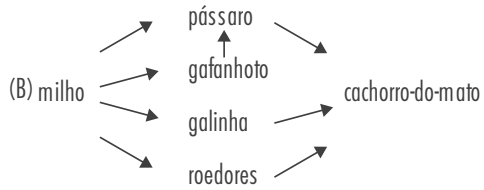
(D) A diminuição na quantidade de presas pode intensificar a competição entre os predadores.

(E) A introdução de uma espécie exótica, com hábitos ecológicos ainda não determinados, em um local trará maiores benefícios ambientais se, na área, não existirem predadores.

9) (COC Enem) Um agricultor, que possui uma plantação de milho e uma criação de galinhas, passou a ter sérios problemas com os cachorros-do-mato que atacavam sua criação. O agricultor, ajudado pelos vizinhos, exterminou os cachorros-do-mato da região. Passado pouco tempo, houve um grande aumento no número de pássaros e roedores que passaram a atacar as lavouras. Nova campanha de extermínio e, logo depois da destruição dos pássaros e roedores, uma grande praga de gafanhotos, destruiu totalmente a plantação de milho e as galinhas ficaram sem alimento.

Analisando o caso acima, podemos perceber que houve desequilíbrio na teia alimentar representada por:

(A) milho → gafanhotos → pássaro → galinha → roedores → cachorro-do-mato

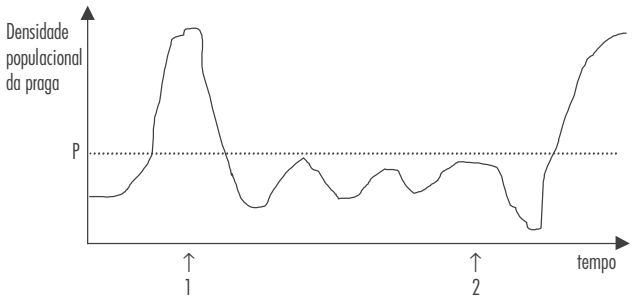
(B)


(C)

(D)

(E) galinha → milho → gafanhotos → pássaro → roedores → cachorro-do-mato

10) (COC Enem) O crescimento da população de uma praga agrícola está representado em função do tempo, no gráfico abaixo, onde a densidade populacional superior a P causa prejuízo à lavoura.



No momento apontado pela seta ←, um agricultor introduziu uma espécie de inseto que é inimigo natural da praga, na tentativa de controlá-la biologicamente. No momento indicado pela seta ↑, o agricultor aplicou grande quantidade de inseticida, na tentativa de eliminar totalmente a praga. A análise do gráfico permite concluir que:

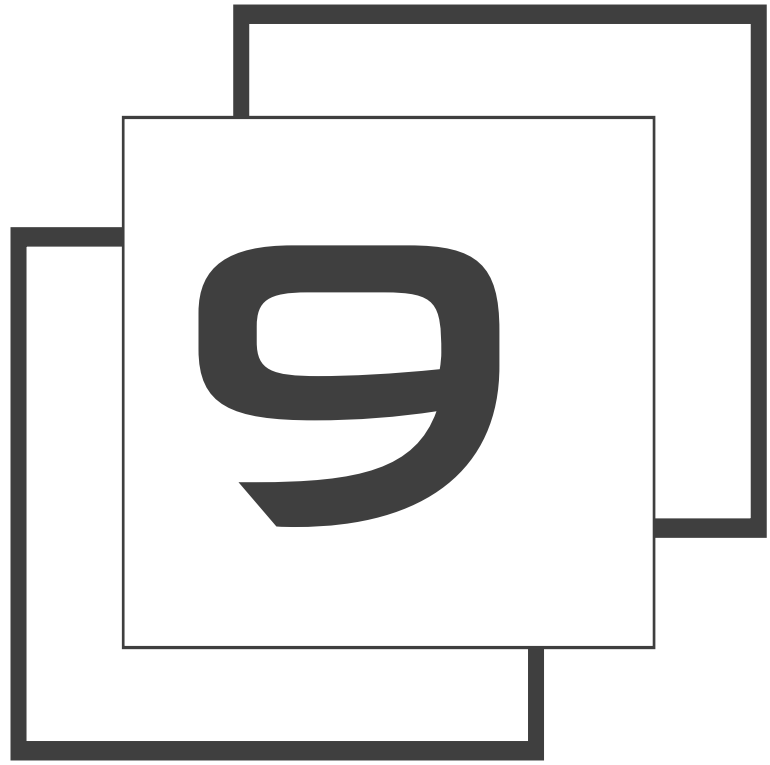
(A) se o inseticida tivesse sido usado no momento marcado pela seta ←, a praga teria sido controlada definitivamente, sem necessidade de um tratamento posterior.

(B) se não tivesse sido usado o inseticida no momento marcado pela seta ↑, a população de praga continuaria aumentando rapidamente e causaria grandes danos à lavoura.

(C) o uso do inseticida tornou-se necessário, uma vez que o controle biológico aplicado no momento ← não resultou na diminuição da densidade da população da praga.

(D) o inseticida atacou tanto as pragas quanto os seus predadores; entretanto, a população de pragas recuperou-se mais rápido voltando a causar dano à lavoura.

(E) o controle de pragas por meio do uso de inseticidas é muito mais eficaz que o controle biológico, pois os seus efeitos são muito mais rápidos e têm maior durabilidade.



Relações ecológicas

:: Objetivos ::

• Identificar e compreender as características das principais relações existentes entre seres vivos de um mesmo ecossistema.

Neste capítulo, iremos complementar conceitos vistos em capítulos anteriores. Já vimos que os seres vivos podem se relacionar de várias maneiras nos ecossistemas. Essas relações ocorrem tanto entre indivíduos de uma mesma espécie, quanto entre indivíduos de espécies diferentes. A forma deste capítulo também será diferente, já que serão apresentados muitos conceitos novos, simples e relacionados entre si. Mas haverá pouca discussão. Ao final do capítulo, porém, apresentaremos alguns exercícios de vestibular que você pode resolver sem dificuldades, simplesmente conhecendo os conceitos gerais apresentados neste capítulo e percebendo as possíveis ligações entre eles.

Vimos em capítulos anteriores algumas relações entre seres vivos que acarretam benefícios para indivíduos de uma espécie e prejuízo para indivíduos de outra, como é o caso da predação realizada pelos animais carnívoros, que se alimentam de outros. Animais onívoros também exercem relações de predação com outros animais, embora também consumam plantas ou partes delas. Em alguns casos, os animais se alimentam de plantas ou de partes delas (herbivorismo). Nesses casos, diz-se, de modo geral, que o animal obtém benefícios (alimento) e a planta é prejudicada, já que é destruída e consumida. No entanto, essa forma de relacionamento é essencial para todos os outros tipos de animais não herbívoros, pois permite que se inicie o fluxo de energia entre os diversos níveis tróficos.

Foto: Jason Cheever

Foto: Jim Sker

As relações entre indivíduos de uma mesma espécie também são importantes, como mostramos no caso da competição intraespecífica, que pode limitar o crescimento de uma população de uma espécie, sendo portanto parte da resistência ambiental. Essa relação é classificada muitas vezes como desarmônica, assim como a predação e o herbivorismo, porque não traz benefícios, e sim dificuldades, para os indivíduos envolvidos. Quando ocorre competição interespecífica (entre indivíduos de diferentes espécies), a relação é também considerada desarmônica.

Há, porém, casos de relações entre indivíduos de uma mesma espécie que são harmônicas (trazem benefícios para os envolvidos). Esse é o caso, por exemplo, das sociedades de cupins, abelhas e formigas, em que indivíduos com funções especializadas cooperam com benefícios para todos os envolvidos, embora apenas alguns deles efetivamente se reproduzam (rainhas e machos). Os insetos e outros animais sociais em geral dependem da sociedade e não sobrevivem por muito tempo ou se reproduzem sem elas.

Foto: Billy W

Embora pareça improvável, indivíduos de espécies diferentes também podem estabelecer relações harmônicas. Há caranguejos que usam as conchas de moluscos (caramujos) vazias para se abrigar. Essa não é uma relação ecológica, pois não ocorre entre seres vivos (o molusco já está morto, só a concha é usada). Esse caranguejo coloca uma ou mais anêmonas sobre sua concha. Como as anêmonas possuem tentáculos que ferem (popularmente dizemos que anêmonas e águas-vivas queimam, mas esse não é bem o caso), o caranguejo ganha proteção. Já as anêmonas ganham mobilidade, pois são transportadas pelo caranguejo, o que pode facilitar a obtenção de alimento e diminuir a competição com outras anêmonas. Nesse caso, ambos se beneficiam provavelmente, e a relação é denominada de cooperação (ou protocooperação). Sabe-se que as anêmonas não estão sobre a concha por acaso, porque já se observou que, quando um caranguejo deixa uma concha menor para usar outra maior, ele retira a anêmona da concha antiga e a coloca sobre a nova. Há casos, como o de plantas epífitas (que vivem sobre os galhos de árvores mais altas) em que uma espécie é beneficiada (as epífitas alcançam a luz embora sejam pequenas) e a outra não é afetada (a árvore). Bromélias e orquídeas são exemplos de plantas epífitas, que estabelecem com as árvores relações denominadas de inquilinismo (para se recordar desse nome, lembre do

caso de inquilinos humanos, que habitam – alugam – imóveis de propriedade de outras pessoas). As bromélias e orquídeas não devem ser confundidas com outras plantas como o cipó-chumbo e as ervas-de-passarinho, que também crescem sobre árvores, mas possuem raízes especializadas que penetrem nos tecidos da árvore e extraem a seiva produzida por elas. Essas plantas são, como muitos animais e plantas, parasitas (relação de parasitismo) que se beneficiam de seus hospedeiros, que são prejudicados pela relação estabelecida entre ambos.

Atividade 1

Reflita e responda: Como as sementes de plantas parasitas podem ir para no alto das árvores, quando não há nenhuma outra planta da mesma espécie nos galhos superiores de onde a semente pudesse ter caído?

Existem ainda outros tipos de relações interespecíficas harmônicas, como é o caso do comensalismo, no qual uma espécie não é afetada, mas outra é beneficiada. Essa relação se estabelece, por exemplo, entre tubarões e rêmoras (um pequeno peixe capaz de "grudar" no ventre de tubarões). A rêmora consome restos e pedaços dos alimentos de tubarões, enquanto este não é beneficiado ou prejudicado pela relação. Note que inquilinismo e comensalismo são diferentes quanto à sua natureza, pois o primeiro está relacionado ao local de vida e o segundo à alimentação. Um caso extremamente importante de relação harmônica interespecífica é a que ocorre entre cupins e microrganismos que vivem em seu trato digestivo. Os cupins da madeira se alimentam de restos de vegetais. Mas, no entanto, são incapazes de digerir o principal componente das plantas: a celulose. São os microrganismos (protozoários ou bactérias, dependendo da espécie de cupim) que vivem no trato digestivo dos cupins que digerem a celulose, liberando parte dos açúcares que a compõem. Esse açúcar pode ser utilizado pelo cupim. No caso, ambas as espécies se beneficiam, o microrganismo ganha um habitat protegido e comida farta e o cupim a capacidade de digerir celulose. Esse tipo de relação chama-se mutualismo. É bom notar que nem o cupim vive sem o microrganismo, nem o microrganismo vive fora do cupim. Ao longo da evolução, se estabeleceu uma relação essencial para ambas as espécies.

Se você achou o exemplo de mutualismo entre cupim e protozoário curioso, vai ficar ainda mais impressionado quando souber que os bovinos e muitos outros animais herbívoros ruminantes (carneiros, cabras, veados e antílopes) ou não ruminantes (cavalos) são também incapazes de digerir a celulose. A celulose, por sua vez, representa a maior parte dos alimentos (folhas) ingeridos por esses animais. Para esses animais, o herbivorismo só é possível porque eles estabeleceram relações de mutualismo com microrganismos que vivem em seus tratos digestivos e que são capazes de digerir a celulose. Mais interessante ainda é que virtualmente todos os animais, inclusive nossa espécie, possuem em seus tratos digestivos bactérias essenciais para a digestão ou absorção de certos nutrientes e a síntese de algumas vitaminas, entre outras atividades essenciais à vida.

Há casos em que benefícios e prejuízos são menos evidentes, especialmente quando o animal não consome a planta em si, mas somente partes dela, como frutos, por exemplo. Os frutos contêm em geral carboidratos (açúcares) ou gorduras, que são de fácil digestão e podem ser usados na produção de energia por animais. Não seria, portanto, um grande desperdício para a planta, acumular tantos nutrientes energéticos em uma estrutura que atrai animais e é comida por eles? Imagine uma situação em que as plantas competem entre si. É comum, por exemplo, que ocorra a competição pela luz solar (as plantas que crescem rápido alcançam rapidamente a luz, sobrepujando outras de crescimento mais lento). Uma planta que não produz frutos, pode gastar a energia que gastaria com eles para realizar seu próprio crescimento, levando vantagem na competição em relação a outra da mesma espécie que produz frutos, certo? Então, para que frutos?

Uma possível resposta está dentro do fruto: as sementes. À medida que o fruto vai sendo formado, vão se desenvolvendo em seu interior as sementes, que contêm os embriões da futura planta. Como todos os embriões, as sementes levam algum tempo para estar prontas para germinar. Quando um animal consome o fruto maduro, pode largar a semente longe da árvore (quando a semente é relativamente grande) ou ingere as sementes junto com a polpa. Nesse caso, depois da digestão, quando o animal defeca, acaba liberando as sementes longe da árvore original (muitas sementes resistem ao processo digestivo de animais). Como as plantas são seres imóveis após da germinação, parece que esses processos ajudam as plantas a se espalhar pelo ambiente. Nesse caso a planta não estaria sendo exatamente prejudicada pelo consumo do fruto. Muitos ecologistas costumam considerar que a produção de frutos é um tipo de "investimento" da planta na sua reprodução, e que as relações estabelecidas entre animais frugívoros (comedores de frutas) e as árvores frutíferas são casos de mutualismo.

Foto: Zoli Plasz

Atividade 2

Reflita e responda: Qual a importância para a planta de que os frutos maduros sejam em geral coloridos e os não maduros sejam verdes?

O caso das flores é semelhante ao dos frutos. Nas flores são produzidos os grãos de pólen, que têm em seu interior os espermatozoides das plantas. As flores também possuem um ovário, onde estão os óvulos. Para que se forme uma semente, é preciso que os espermatozoides de dentro do pólen cheguem até os óvulos, que muitas vezes estão em outras flores. Mas, como todos sabemos, as flores não se movem. Muitas espécies de plantas produzem abundantes grãos de pólen, que, por serem leves e pequenos, são transportados pelo vento. Como são muitos grãos, há uma chance de que alguns deles caiam nas flores da mesma espécie, o que permite que os espermatozoides possam fecundar os óvulos poste-

riormente. Outras plantas, no entanto, produzem néctar em suas flores. O néctar é uma solução açucarada, rica portanto em nutrientes energéticos. Os animais como morcegos e beija-flores que vêm se alimentar do néctar, acabam transportando por acidente, os grãos pólen de uma flor para outra. Isso aumenta as chances do pólen chegar até flores de uma mesma espécie, sem depender do vento. Algumas plantas produzem flores de perfume intenso e outras produzem flores de cores vivas, às vezes uma flor tem ambas as características. Flores brancas também são comuns.

Atividade 3

Reflita e responda:
Qual a importância, para as plantas, de que as flores sejam perfumadas e/ou coloridas?

Finalmente, é preciso não associar as palavras "desarmônica" com ruim ou má, ou "harmônica" com boa. Como vimos no capítulo anterior, a competição e a predação, por exemplo, podem limitar o tamanho das populações naturais. Isso, por sua vez, pode ser essencial para a espécie de presa ou mesmo para as competidoras. No primeiro caso, os predadores podem contribuir para limitar a população de presas, o que pode ser essencial para a sobrevivência da espécie da própria presa. Essa, sem controle, poderia ultrapassar a capacidade de suporte e causar danos irreversíveis ao ambiente em que vive. A competição, por sua vez, pode ser um dos fatores que contribui para a formação de novas espécies. A ideia de harmonia, no caso da ecologia, não está tampouco relacionada a uma visão da natureza pacífica ou benigna. As relações ecológicas se estabelecem entre indivíduos e espécies ao longo do tempo. Nos ecossistemas as espécies se alimentam e se reproduzem, e as relações que se estabelecem entre elas são aquelas possíveis e determinadas pelas características dos próprios seres vivos e de seu ambiente, sem qualquer julgamento moral sobre serem boas ou ruins para os envolvidos. Afinal, a imagem da mãe natureza é apenas uma figura de linguagem.

Resumo

• Existem relações de dois tipos principais entre os seres vivos: harmônicas (nenhum dos envolvidos é prejudicado) e desarmônicas (pelo menos um dos envolvidos é prejudicado).

• As relações ecológicas podem ser inter- ou intraespecíficas (entre indivíduos de espécies diferentes ou de uma mesma espécie, respectivamente).

• Muitas relações ecológicas desarmônicas são importantes fatores relacionados à resistência ambiental, na medida em que limitam os tamanhos de populações em um ecossistema.

• Relações harmônicas podem beneficiar um ou mais dos envolvidos em uma competição com outras espécies ou indivíduos da mesma espécie.

Exercícios

1) (FATEC-SP) "O anu é uma ave do campo que gosta de pousar sobre o gado e lhe catar os carrapatos. Mas, geralmente, seu alimento consiste de toda a sorte de insetos e gafanhotos principalmente.

Entre anu e gado, carrapato e gado, e anu e gafanhotos existem relações denominadas, respectivamente de:

(A) comensalismo, parasitismo e predatismo.
(B) predatismo, amensalismo e inquilinismo.
(C) cooperação, parasitismo e predatismo.
(D) comensalismo, inquilinismo e predatismo.
(E) cooperação, parasitismo e inquilinismo.

2) (UFRJ-2005, adaptada) As principais interações bióticas (relações ecológicas) entre indivíduos das diferentes espécies que compõem um ecossistema são: predação, mutualismo, competição e comensalismo. Nessas interações, cada indivíduo pode receber benefícios (+), prejuízos (–) ou nenhum dos dois (0).

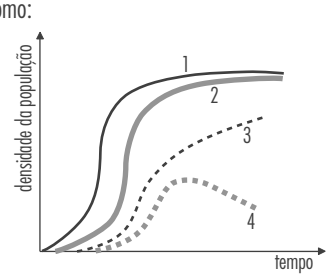
No quadro abaixo, as interações entre pares de espécies estão identificadas pelas letras A, B, C e D. Identifique as interações A, B, C e D. Dê um exemplo de uma das relações que identificou, justificando sua escolha.

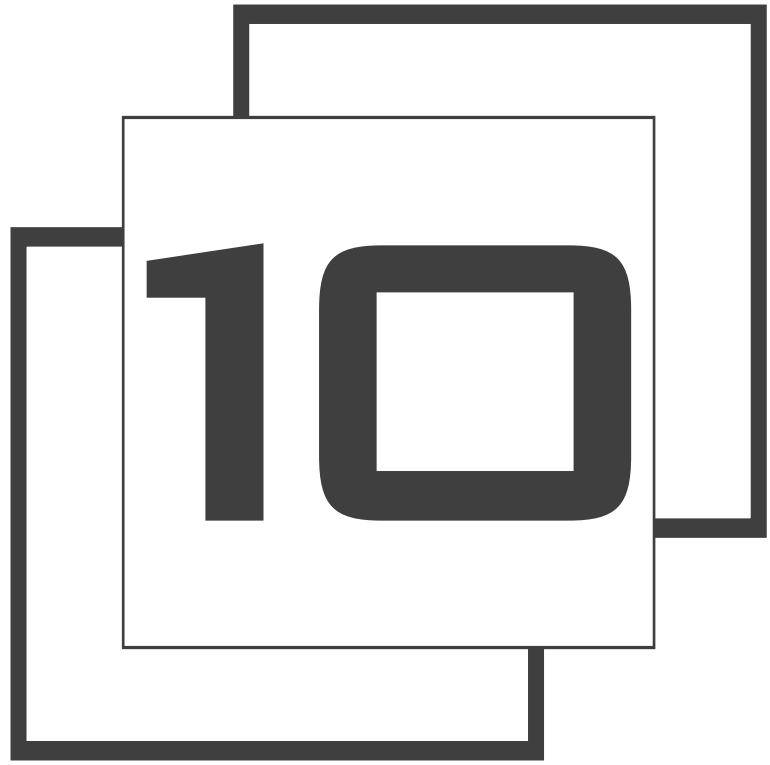
	1ª Espécie	2ª Espécie
A	+	+
B	+	–
C	+	0
D	–	–

3) A fotossíntese realizada nas folhas produz glicídios que se distribuem pela planta e ficam acumulados em diferentes órgãos, como raízes, caules subterrâneos, flores e frutos. No caso dos frutos e flores essa reserva está associada à reprodução. Explique a importância para a planta desse acúmulo de açúcares nos frutos e flores.

4) (UERJ / 2005-EQ2) Bactérias de duas espécies foram cultivadas separadamente e em conjunto, nas mesmas condições experimentais e com suprimento constante do mesmo tipo de alimento. No gráfico abaixo, as curvas mostram a variação da densidade populacional das bactérias estudadas em função do tempo de cultivo. As curvas 1 e 2 representam os resultados encontrados para as duas espécies quando cultivadas separadamente e as curvas 3 e 4, quando cultivadas em conjunto. A relação ecológica estabelecida entre as bactérias que melhor explica os resultados encontrados é classificada como:

(A) predação
(B) parasitismo
(C) competição
(D) comensalismo
(E) mutualismo





Sociedade e meio ambiente

Mudanças climáticas e superaquecimento global

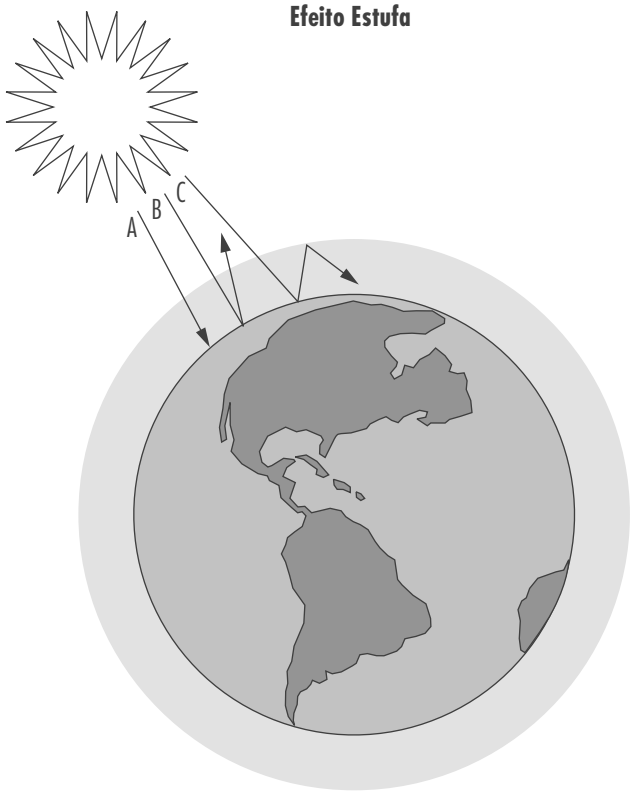
Um tema frequentemente encontrado nos jornais, na televisão e na internet é o superaquecimento global. Entender o que significa esse termo e suas relações com a Biologia atual é muito importante. É importante tanto para você, como estudante interessado em ingressar na Universidade, quando como pessoa. Entender esse fenômeno tem impacto sobre seus hábitos de vida e de consumo, ou seja, sobre sua vida diária.

Efeito estufa: um aquecimento necessário à vida no planeta

Em boa parte do território brasileiro as temperaturas do ambiente são compatíveis com a agricultura, ainda que os produtos cultivados variem muito de uma região para outra. Em algumas regiões, bem como em países nos quais predominam temperaturas médias anuais mais baixas, alguns cultivos só são possíveis com o uso de estufas. As estufas são estruturas metálicas cobertas de plástico ou filme transparente. O vidro permite a passagem da maior parte da radiação solar visível (ou luz, para simplificar). No entanto, boa parte dessa radiação é transformada em infravermelho pelo solo, plantas e outras estruturas dentro da estufa. O vidro, por sua vez, retém parte desse infravermelho que acaba aquecendo o ar que fica retido pelo vidro da estufa. Com isso é possível utilizar a energia solar disponível para aquecer o ambiente interno da estufa até temperaturas compatíveis com a vida das plantas que se deseja cultivar.

Figura 10.1: Localizada no Jardim Botânico Real, em Londres, na Inglaterra, esta imensa estufa foi construída entre 1844 e 1848. Ela se encontra em funcionamento até hoje e abriga uma extensa amostra de habitats característicos de florestas tropicais. Foto: Arpingstone, disponível em http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kew.gardens.palm.house.london.arp.jpg (acesso em 18/10/2010)

Um conjunto de fenômenos físicos que permite que a atmosfera terrestre seja aquecida pela radiação solar foi denominado de efeito estufa por sua semelhança com o funcionamento das estufas. Essas semelhanças são, na verdade, superficiais, já que o aquecimento da atmosfera se dá por processos diferentes e mais complexos que o das estufas. No efeito estufa propriamente dito, uma parte do calor vindo da superfície da terra é absorvida pelos gases componentes da atmosfera e posteriormente liberada em todas as direções. A parte liberada em direção à superfície acaba retida no sistema, resultando no aquecimento geral do planeta.



A – A radiação solar atravessa a atmosfera. A maior parte da radiação é absorvida pela superfície terrestre e aquece-a.
B – Uma parte da radiação infravermelha é refletida de volta para o espaço.
C – Outra parte da radiação infravermelha é refletida pela superfície da Terra mas não consegue deixar a atmosfera. Ela é refletida novamente em direção à Terra e de novo absorvida pela camada de gases que envolve a atmosfera.

Figura 10.2: Parte da radiação solar que atravessa a atmosfera é convertida em radiação infravermelha. Um percentual dessa radiação é perdida para o espaço, mas uma parte dela permanece na atmosfera, aquecendo o planeta. Adaptado de http://1.bp.blogspot.com/_TSvly6B1EI0/SCiWVLRGtzI/AAAAAAAADJk/bByCm3xdG3Q/s400/funcionamento_efeito_estufa.jpg (acesso em 18/10/2010)

No site a seguir, é possível observar uma animação do fenômeno do efeito estufa: http://videoseducacionais.cptec.inpe.br/swf/mud_clima/02_o_efeito_estufa/02_o_efeito_estufa.shtml

Essas diferenças não são muito importantes no momento, mas em ambos os casos ocorre a diminuição da perda de energia (calor) pelos sistemas (a estufa e o planeta Terra). Alguns gases, bem como o vapor d'água, são responsáveis pela maior parte do efeito estufa. Embora as contribuições de cada componente ainda sejam objeto de discussão, é certo que eles são os principais responsáveis pelo fenômeno (veja a tabela 10.1). Se a concentração desses gases aumenta, o efeito estufa também o faz.

Componente	Contribuição para o Efeito Estufa	
	Mínima	Máxima
Vapor d'água	36%	70%
CO_2	9%	26%
Metano	4%	9%
Ozônio	3%	7%

Tabela 10.1: Estimativa da contribuição de diferentes componentes da atmosfera para o Efeito Estufa

Superaquecimento global e mudanças climáticas

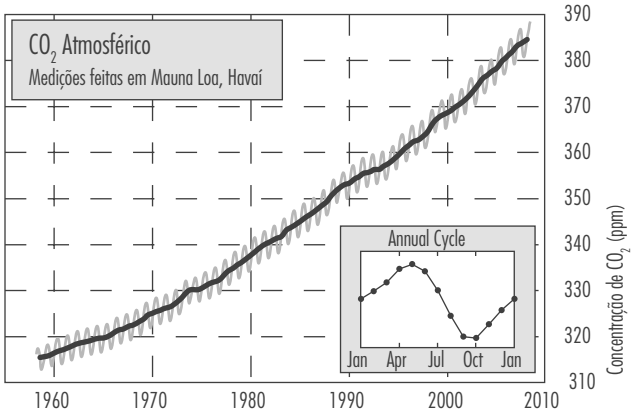

CO2 Atmosférico
Medições feitas em Mauna Loa, Havaí
Annual Cycle
Jan Apr Jul Oct Jan
1960 1970 1980 1990 2000 2010
310 320 330 340 350 360 370 380 390
Concentração de CO2 (ppm)

Figura 10.3: adaptado de http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mauna_Loa_Carbon_Dioxide-en.svg (acessado em 07/12/2010)

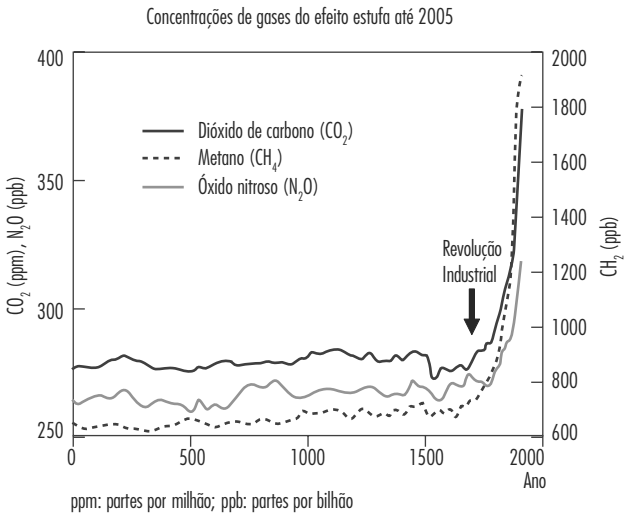

Concentrações de gases do efeito estufa até 2005
Dióxido de carbono (CO2)
Metano (CH4)
Óxido nitroso (N2O)
Revolução Industrial
CO2 (ppm), N2O (ppb)
CH4 (ppb)
Ano
0 500 1000 1500 2000
250 300 350 400
600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000
ppm: partes por milhão; ppb: partes por bilhão

Figura 10.4

O fenômeno do superaquecimento global é, de fato, um aumento da intensidade do efeito estufa até níveis que os cientistas afirmam serem perigosos para muitos ecossistemas e formas de vida do planeta, bem como para as sociedades humanas em geral. De fato, estudos realizados ao longo das últimas décadas têm mostrado um aumento impressionante da concentração de gases responsáveis pelo efeito estufa na atmosfera terrestre. Esses estudos incluem tanto medições diretas das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera, repetidas e feitas em um mesmo local (Figura 10.3) quanto associações dessas medidas a medições indiretas das concentrações de gases estufa na atmosfera (Figura 10.4). A relação entre o aumento desses gases e consumo de quantidades maciças de combustíveis fósseis (inicialmente o carvão e posteriormente também os derivados do petróleo) e o aumento da atividade industrial no mundo são algumas das evidências mais fortes de que as mudanças na atmosfera (e suas consequências) são causadas pelas atividades humanas.

A expressão "superaquecimento global" por si, já ficou restrita para descrever a complexidade das mudanças que o planeta enfrenta, uma vez que o superaquecimento é apenas uma das facetas das Mudanças Climáticas. Isso porque elas incluem mudanças na pluviosidade, nos níveis dos oceanos, nos regimes de ventos e até mesmo de correntes marinhas. Como você deve imaginar, as consequências das Mudanças Climáticas não podem ser controladas de modo simples, nem por países isolados, uma vez que afetam o planeta como um todo. Ações realizadas em um país podem facilmente ter consequências desastrosas sobre a economia e o meio ambiente de muitos outros além dele próprio.

O IPCC (sigla em inglês para Intergovernmental Panel on Climate Change) é um organismo internacional ligado à ONU e dedicado ao estudo e à elaboração de propostas de soluções e acordos para lidar com as mudanças climáticas, que incluem o superaquecimento global. O IPCC congrega cientistas e outros especialistas de dezenas de nacionalidades (inclusive os brasileiros) e recebeu o Prêmio Nobel de 2008. Segundo o IPCC, o superaquecimento global seria consequência de um conjunto complexo de fatores. A maioria desses fatores tem em comum o fato de serem consequências de ações das sociedades humanas. Ou seja, embora o efeito estufa e alguns tipos de mudanças climáticas sejam fenômenos ditos naturais, as dramáticas alterações climáticas observadas nos últimos séculos estão relacionadas essencialmente à industrialização, à expansão populacional e outras importantes atividades econômicas humanas. Em um de seus documentos de síntese, o IPCC destacou as seguintes causas antropogênicas (relacionadas às atividades humanas) para as mudanças climáticas:

1. As concentrações atmosféricas de dióxido de carbono na atmosfera aumentam em consequência do uso de combustíveis fósseis para:
- locomoção (gasolina, óleo diesel, querosene de aviação e carvão);
- aquecimento residencial e industrial (óleo e carvão);
- produção de cimento e outros manufaturados.

2. O desflorestamento aumenta as concentrações de CO_2 pela queima de vegetação e reduz sua retirada da atmosfera que ocorreria por meio da fotossíntese.

3. Aterros sanitários (pelo aumento da decomposição anaeróbica de matéria orgânica), uso de gás natural como combustível e atividades agropecuárias aumentaram as concentrações de metano na atmosfera. Essas concentrações estão estabilizadas na atualidade, porém em níveis muito elevados.

4. Outras atividades industriais e agropecuárias, tais como o uso de fertilizantes químicos, a refrigeração industrial e a mineração na superfície dentre outros, levam ao aumento do efeito estufa por meios diretos ou indiretos.

5. O aumento da temperatura média decorrente dos fatores mencionados acima tende a gerar aumentos nas quantidades de vapor d'água na atmosfera e, consequentemente, à intensificação do efeito estufa.

Existem outros processos industriais e naturais que contribuem para o efeito estufa, mas os principais identificados até hoje provavelmente são esses listados acima. As consequências das mudanças climáticas são muito variadas. Algumas delas poderão ocorrer a longo prazo, outras já podem ser observadas atualmente.

Em muitos locais as geleiras recuaram dezenas ou mesmo centenas de metros ou até mesmo desapareceram. No caso de geleiras anteriormente perenes, as consequências ainda não são claras. Espécies de animais endêmicas de regiões como a Ártico e a Antártica poderão ter seus habitats extremante reduzidos ou mesmo integralmente destruídos. Em algumas regiões a economia de cidades que utilizavam o gelo ou a neve em atividades turísticas já foi seriamente afetada. Em outros casos, a redução do gelo formado e o consequente aumento da água resultante do degelo afetam ecossistemas que dela dependem para sua manutenção. Mudanças no regime de chuvas, tanto reduções quanto aumentos, têm efeitos diretos sobre a saúde das populações afetadas. As reduções, por exemplo, levam à diminuição da produção agrícola, o que, em casos extremos, pode inviabilizar a sobrevivência em grandes regiões e causar grandes migrações associadas a desabrigados. A diminuição das chuvas pode, ainda, forçar o consumo de fontes inapropriadas de água, resultando em problemas graves de saúde. O aumento da pluviosidade, por sua vez, pode levar à expansão de áreas de doenças cuja transmissão está direta (cólera e diarreias) ou indiretamente (dengue e malária) associada à disponibilidade de água. Alterações climáticas poderão, ainda, inviabilizar a agricultura e a pecuária em regiões onde elas são atividades econômicas de fundamental importância, com consequências socioeconômicas graves.

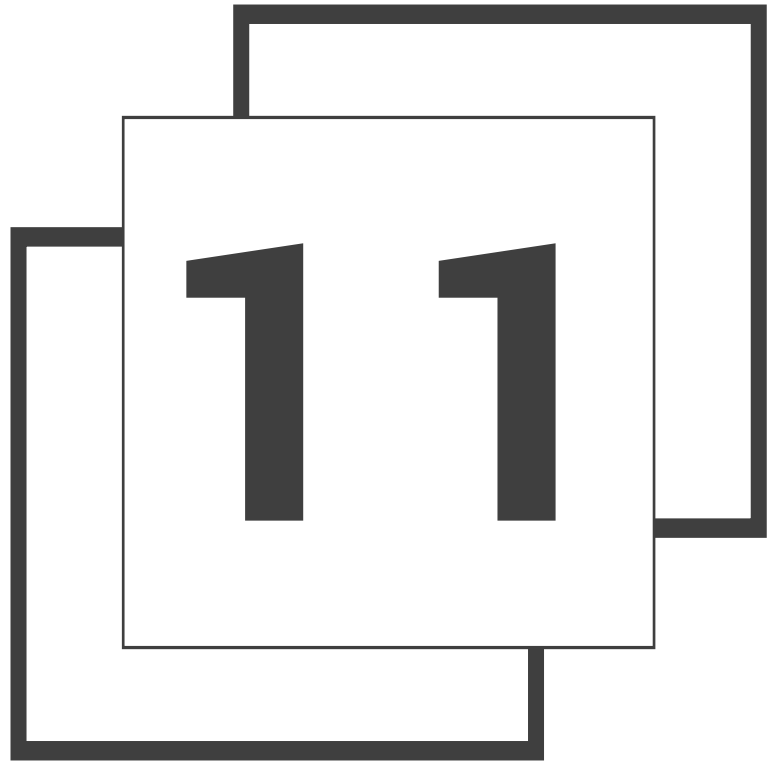
Os oceanos podem, também, ser extremamente afetados. Estudos sugerem que a morte ou os danos a corais formadores de recifes podem estar relacionados a um aumento, ainda que pequeno, da temperatura da água do mar. Aumentos na concentração de CO_2 na atmosfera podem levar à acidificação dos oceanos, uma vez que estes são os responsáveis por capturar substanciais quantidades de CO_2 atmosférico. Ao se dissolver na água do mar o CO_2 gera compostos ácidos que causam mudanças no pH e diminuição na disponibilidade de cálcio com consequente diminuição da produtividade. Além disso, a elevação do nível dos oceanos, consequente do degelo e mesmo de mudanças na pluviosidade poderá afetar ou mesmo levar ao desaparecimento de ecossistemas importantes para a produtividade dos oceanos, tais como os manguezais.

Neste capítulo apresentamos apenas algumas das evidências a favor da existência das mudanças climáticas causadas pelas sociedades humanas, bem como algumas de suas causas e consequências. Como o assunto afeta interesses econômicos variados, surgem por vezes estudos que questionam as bases do fenômeno, especialmente sua origem nas atividades humanas. Alguns estudos desse tipo são importantes porque podem revelar erros ou imprecisões em pesquisas anteriores. Porém, noutras vezes representam pesquisas que usam métodos questionáveis. Atualmente a maioria dos cientistas e demais especialistas está convencida de que o aquecimento global tem causas humanas e que medidas urgentes precisam ser implantadas para mitigar o fenômeno. O assunto é extremamente complexo. Novos estudos surgem quase diariamente, por isso é preciso se manter em dia com os jornais e outros meios de comunicação. Além disso, mudanças relativamente simples de hábitos e de consumo podem contribuir para reduzir o fenômeno. Talvez por isso um dos motes mais utilizados nas discussões sobre problemas ambientais seja: "pensar globalmente, agir localmente."

Fique atento!

Um outro fenômeno causado por ações antropogênicas é o buraco na camada de ozônio. Essa camada vem sendo destruída principalmente devido à ação de gases conhecidos por clorofluorcarbonos (CFCs), usados em aerossóis e em aparelhos de ar-condicionado e geladeiras. No entanto, devido a enorme redução das emissões dos CFCs com o Protocolo de Montreal de 1987, estima-se que em mais algumas décadas a camada de ozônio deverá estar refeita. A camada de ozônio serve de capa protetora para os seres vivos, pois filtra os raios ultravioletas do Sol que, ao atingirem os seres vivos, pode levar à formação de cânceres de pele e catarata.

Vale à pena lembrar aqui que não há relação entre o buraco gerado na camada de ozônio e o superaquecimento global, uma vez que são os raios infravermelhos emitidos da Terra e não os ultravioletas que promovem o aquecimento do planeta. Essa relação, que confunde muitos estudantes, é bastante explorada nas questões de múltipla escolha dos vestibulares; portanto, esteja atento e não confunda o buraco da camada de ozônio com o superaquecimento global!



Evolução

:: Objetivos ::

- *Diferenciar as explicações propostas por Darwin e Lamarck para a evolução das espécies;*
- *Compreender os princípios gerais de evolução e da seleção natural.*

Introdução

Você já parou para pensar por que os seres vivos se apresentam em tamanha diversidade de formas? Ou por que eles mudam ao longo do tempo? Cerca de dois séculos atrás pessoas que se dedicavam ao estudo da natureza já se faziam estas perguntas. Nada mais natural que nos perguntarmos: de onde vem toda essa diversidade? Como surgiram tantos seres diferentes?

O surgimento do conceito de evolução

No ocidente, até metade do século XVIII, os naturalistas e demais pesquisadores acreditavam que toda variedade de seres vivos que habita a Terra correspondia exatamente àqueles organismos criados por Deus, tal e qual se apresentam hoje. Segundo esta hipótese, Deus havia criado as espécies uma por uma e a diversidade com a qual nos deparamos seria o testemunho do seu poder de criador. Pensava-se ainda que uma vez criadas, as espécies jamais se transformariam. Essa ideia é conhecida como fixismo.

A partir do século XIX, quando aumentou o interesse pelas ciências naturais, alguns estudiosos começaram a questionar a imutabilidade das espécies. Várias observações, oriundas de estudos comparativos da anatomia dos organismos, da paleontologia e da biologia do desenvolvimento, entre outros, foram importantes para desafiar a visão fixista e desenvolver as ideias evolucionistas. Essa última acreditava numa transformação das espécies no decorrer do tempo, originando novas espécies. Mas surge uma nova questão: se as espécies evoluem, qual o mecanismo que explica esse processo de evolução?

Neste capítulo discutiremos duas hipóteses para responder essa a questão: a primeira, proposta por Jean Baptiste Lamarck, naturalista francês; e a segunda, por Charles Darwin e Alfred Wallace, ambos naturalistas ingleses.

As ideias de Lamarck

O naturalista francês Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, le Chevalier de Lamarck (1744-1829), foi um dos pioneiros a propor uma teoria completa de evolução. Sua teoria foi publicada em 1809 (ano em que Darwin nasceu) no livro intitulado *Filosofia zoológica*. Segundo a hipótese de Lamarck, uma alteração no ambiente causaria uma mudança nas necessidades dos organismos que vivem naquele ambiente. Essas novas necessidades levariam à formação de novos hábitos e comportamentos. Um novo comportamento levaria ao maior ou menor uso de determinados órgãos ou estruturas, que poderiam, ao longo do tempo, se desenvolver ou se atrofiar. Essas alterações seriam transmitidas aos descendentes.

Essa ideia e mais a observação de que os organismos estão bem adaptados ao ambiente em que vivem levaram Lamarck a duas suposições que foram fundamentais para sua teoria. A primeira ele chamou de lei do uso ou desuso e, segundo ela, quanto mais uma parte do corpo é usada, mais se desenvolve; por outro lado, as partes que não são usadas enfraquecem vagarosamente, atrofiam-se e podem mesmo desaparecer. Na segunda suposição, que recebeu o nome de herança dos caracteres adquiridos, Lamarck postulou que qualquer animal poderia transmitir a seus descendentes aquelas características que haviam se desenvolvido pelo uso ou se atrofiado pelo desuso. Ele dizia que o mecanismo de surgimento de novas espécies através da evolução seria o resultado da aquisição ou perda de caracteres.

Lamarck usou muitos exemplos da natureza para explicar sua teoria. Segundo ele, os ancestrais das cobras, provavelmente, teriam tido pernas e corpos curtos. Quando o ambiente em que viviam se modificou, esses animais precisaram rastejar pelo solo e distender seus corpos para passar através de aberturas estreitas e por isso suas pernas não tinham mais utilidade, pois atrapalhavam o rastejar. Após um longo período de desuso, as pernas desapareceram, enquanto seus corpos tornaram-se mais alongados.

A hipótese de Lamarck também poderia ser aplicada às plantas. Se em uma região a intensidade das chuvas diminuísse, as plantas passariam a ter necessidade de conservar água. Ao longo de muitas gerações, à medida que essa região ficasse mais parecida com um deserto, as plantas passariam a seus descendentes as características para economizar água que haviam adquirido. Dessa maneira teriam se originado as plantas típicas de regiões desérticas, como os cactos, capazes de armazenar grandes quantidades de água.

A hipótese de Lamarck admitia que caracteres adquiridos poderiam ser herdados pelas novas gerações.

A explicação de Lamarck para a evolução por meio de herança dos caracteres adquiridos pode parecer razoável. Os exemplos usados por ele poderão parecer convincentes porque a primeira parte das duas afirmativas é válida: partes dos organismos mudam com o uso ou desuso. Você com certeza conhece alguém que ficou musculoso (fazendo exercícios). No entanto, a segunda afirmativa não pode ser comprovada; não há, até agora, nenhuma evidência de que as características adquiridas pelo uso ou desuso possam passar aos seus descendentes. Vale a pena, porém, ressaltar a grande importância do trabalho de Lamarck: ele foi um dos primeiros pesquisadores a propor a evolução das espécies e chamou a atenção para o fenômeno da adaptação, mostrando que as formas dos seres vivos estão bem adaptadas em relação ao ambiente em que vivem.

As ideias de Darwin

Aos 22 anos, o inglês Charles Darwin (1809-1882) embarcou como naturalista no navio H. M. S. Beagle, que iria empreender uma viagem ao redor do mundo. A viagem do Beagle durou cinco anos. Darwin levou o primeiro volume dos *Princípios de Geologia*, de Charles Lyell, publicado em 1830. A maioria dos geólogos da época era a favor da teoria das catástrofes, isto é, eles viam a história geológica da Terra como uma série de sucessivas catástrofes com períodos intercalados de poucas mudanças. Lyell não aceitava este ponto de vista e sugeria um processo mais gradual de alterações contínuas, efetuadas pelos mesmos agentes que podiam ser vistos atuando sobre as rochas no presente. Como as ondas e os ventos, por exemplo. Estas ideias tiveram um efeito duradouro sobre Darwin.

Em 1835, quando o Beagle visitou o arquipélago das Galápagos, Darwin, impressionado com a fauna e a flora do local, deixou de se interessar pela geologia e passou a desenvolver um grande interesse pela biologia. Em 1836, de volta à Inglaterra, Darwin estava de posse de uma imensa massa de informações sobre

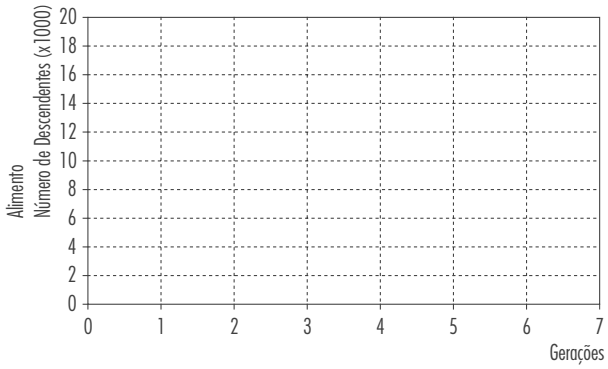
plantas e animais. Começou, então, a coletar todos os fatos conhecidos e, de algum modo, relacionados com a variação de animais e plantas, domesticados ou em estado natural, que poderiam ser usados para apoiar a teoria da evolução das espécies.

Uma observação que chamou a atenção de Darwin foi realizada numa das ilhas Galápagos, durante a viagem no Beagle. Ao estudar certos pássaros encontrados nestas ilhas Darwin ficou impressionado com a notável semelhança entre as cerca de 14 espécies que lá viviam. Cada espécie se distinguia da outra apenas pelo tipo de bico. Os que viviam no solo, por exemplo, tinham bicos fortes e largos, excelentes para partir sementes, seu principal alimento. Os que viviam nas árvores tinham bicos curtos e espessos e se alimentam principalmente de insetos e entre estes havia uma espécie de bico muito longo e reto, semelhante ao do pica-pau, mas não tendo a língua longa dessa ave usava um espinho de cacto ou um pequeno ramo para cavoucar os troncos das árvores, à procura de besouros ou de outros insetos escondidos. O bico de uma outra variedade é fino e alongado como o das aves canoras. As similaridades entre essas espécies, que se diferenciavam principalmente pelo formato do bico, levou Darwin a pensar na possibilidade dessas espécies terem se originado de um ancestral comum. Porém a questão central permanecia: se a evolução ocorria, qual era o mecanismo responsável por ela?

Acredita-se que Darwin leu o ensaio de Thomas Malthus sobre populações: *An Essay on Population*. Neste ensaio, Malthus defendia a ideia de que as populações humanas cresciam muito mais rapidamente do que a produção de alimentos, levando os indivíduos a uma intensa luta pela existência. Segundo Malthus a população humana crescia em progressão geométrica, enquanto a produção de alimentos tende a crescer em progressão aritmética. Uma progressão geométrica (PG) é uma sucessão de termos tais que cada termo é igual ao anterior multiplicado por um valor constante. Na progressão aritmética (PA) cada termo é igual ao anterior somado de um valor constante. Desta forma, a sequência 3, 6, 12, 24, 48... forma uma PG cuja razão é igual a dois, isto é, cada um dos termos da sequência é igual ao anterior multiplicado por 2. Já a sequência 3, 5, 7, 9, 11... forma uma PA na qual cada termo é igual ao anterior somado de 2.

Para entender melhor a ideia de Malthus vamos construir um gráfico do crescimento de uma população e dos alimentos:

Atividade 1



Suponha que uma determinada população seja formada inicialmente por 1000 indivíduos e que essa população dobre a cada geração. Registre o número de indivíduos a cada geração no gráfico anterior. Em seguida suponha que essa população disponha inicialmente de uma quantidade de alimento igual a 3000 e que a produção de alimentos aumente a cada geração de um valor igual a 2000. Registre a quantidade de alimento disponível a cada geração no gráfico abaixo.

Atividade 2

O aumento da quantidade de alimentos disponível acompanha o crescimento da população?

Atividade 3

Supondo que 1000 alimentos sejam suficientes para alimentar 1000 indivíduos em cada geração, o que acontecerá com essa população à medida que o tempo passa?

As hipóteses de Malthus influenciaram Darwin, que propôs um possível mecanismo para a evolução. Note que um dos gráficos produzidos representa bem a ideia de potencial biótico, discutido em nosso capítulo 5.

De acordo com Darwin, todas as espécies têm potencialidade para aumentar em progressão geométrica de geração para geração (afirmação esta semelhante à que Malthus fez para a população humana) porque, para todos os organismos, em cada geração o número de descendentes é maior do que o de pais. Entretanto, embora os organismos tenham tendência de aumentar em número, o número de indivíduos de uma determinada espécie, numa população permanece praticamente o mesmo.

Atividade 4

Proponha uma explicação para o fato de o número de indivíduos numa população permanecer praticamente o mesmo ao longo do tempo, apesar de a cada geração o número de filhos ser geralmente maior do que o de pais.

Darwin concluiu que devia haver competição pelo alimento, água, luz, temperatura e outros recursos do ambiente entre os indivíduos de uma espécie. Combinando a ideia de competição com suas outras observações Darwin foi capaz de propor uma explicação de como a evolução deveria ocorrer.

Primeiro ele afirmou que há variações em todas as espécies, isto é, dentro de uma mesma espécie, os indivíduos são diferentes entre si. Segundo, ele propôs que a escassez de recursos em uma população levaria à competição entre os indivíduos da mesma espécie porque todos eles utilizam os mesmos recursos limitados. Essa competição levaria à morte de alguns indivíduos enquanto outros sobreviveriam. A partir desse raciocínio Darwin concluiu que os indivíduos que tivessem variações mais vantajosas num determinado ambiente seriam mais capazes de sobreviver e reproduzir do que aqueles sem as variações vantajosas. Desde que essas variações pudessem ser herdadas pelos descendentes, as favoráveis se acumulariam dentro

de um certo tempo, e os organismos que as possuíssem se tornariam tão diferentes dos indivíduos da espécie original que constituiriam uma nova espécie.

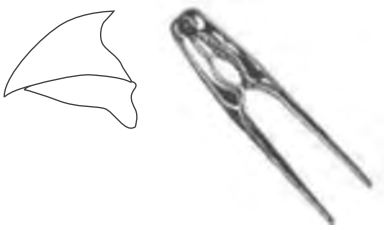
Baseado nessas suposições e conclusões, Darwin elaborou sua teoria para explicar o mecanismo da evolução: ele utilizou o termo *Seleção Natural* para descrever o processo pelo qual os organismos com variações favoráveis sobrevivem e se reproduzem mais eficientemente. Sendo hereditárias, essas características serão transmitidas aos descendentes que estarão igualmente aptos para sobreviver e reproduzir-se. Uma variação que aumenta a chance de sobrevivência de um organismo em um ambiente particular é chamada de *adaptação*. Ao longo de muitas gerações as adaptações se acumulariam e os organismos que as possuíssem se tornariam tão diferentes da espécie original que poderiam constituir uma nova espécie.

Darwin utilizou essa teoria para explicar as semelhanças e diferenças entre os tentilhões das ilhas Galápagos.

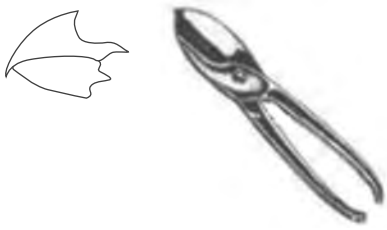
Atividade 5

Observe as figuras a seguir e associe cada pássaro ao seu alimento. Justifique.

1

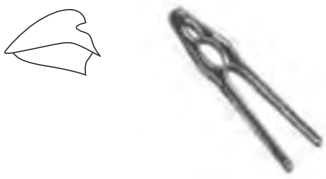


2



3

4



5

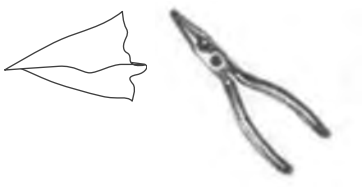


Foto: Greek Golangco

A :: pequenos insetos em frestas

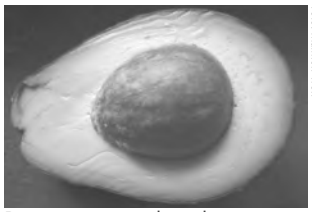


Foto: Matthew Trow

B :: sementes grandes e duras

Foto: Marie Jeanne Iliescu

C :: sementes de cactus e nectar

Foto: Gokhan Okur

D :: sementes pequenas e duras

Foto: Philip George

Foto: Lily Sazz

E :: insetos grandes e lagartas

Atividade 6

Descreva como a seleção natural deve ter atuado para dar origem a essas espécies.

Comparando as hipóteses de Lamarck e Darwin

Um possível exemplo de Seleção Natural em ação

Em geral se pensa na evolução como algo que leva milhões de anos para se manifestar, porém um exemplo recente foi observado na cidade de Manchester no século XIX. Há cerca de duzentos anos, numa coleta de mariposas nos arredores de Manchester, durante o dia, era possível encontrar um grande número de mariposas claras, em repouso nos troncos das árvores, também claras e cobertas de líquens; além dessas, eram encontradas também, mas muito raramente, mariposas escuras pertencentes à mesma espécie, sobressaindo com grande nitidez nos caules. Nessa época, Manchester começava sua industrialização. Cinquenta anos mais tarde (~1850) a cidade já era um grande centro industrial e, como resultado do grande número de fábricas, seus campos e florestas foram contaminados por fumaça e fuligem que escureceram os troncos das árvores e eliminaram os líquens. Uma contagem da mesma espécie de mariposas produziu, então, um resultado bem diferente: havia um grande número de mariposas escuras, que durante o dia permaneciam pousadas sobre os troncos escurecidos das árvores, enquanto que as claras que se sobressaiam nos troncos, eram em número bastante reduzido. Também era possível observar pássaros durante o dia caçando as mariposas que se destacavam nos troncos.

Atividade 7

Baseado no texto acima, de que maneira a hipótese de Lamarck explicaria a mudança de coloração na população de mariposas? E segundo a hipótese de Darwin?

É importante observar que a teoria de Darwin não explicava como surgiam novas características numa espécie. Ele partia da observação de que não há dois indivíduos iguais numa mesma espécie (com exceção de irmãos gêmeos, é claro), isto é, a variabilidade estava presente em todas as espécies e que muitas das variações eram hereditárias. Assim, o ambiente atuaria sobre essa variabilidade presente selecionando aqueles indivíduos com as características mais favoráveis (os mais adaptados).

Resumo

Podemos resumir a teoria da evolução considerando os três fatores essenciais para que a Evolução ocorra.

• É preciso haver diversidade entre os indivíduos de uma mesma espécie. Se todos os indivíduos forem iguais (o que nunca acontece, é claro) as chances de sobrevivência e de reprodução de todos eles será igual. Ou seja, todos teriam as mesmas chances de se reproduzir e assim transmitir suas características à geração seguinte. Pode-se dizer, por isso, que as características da geração seguinte seriam distribuídas ao acaso. Mesmo pequenas diferenças aparentemente sem importância podem ser relevantes. A diversidade genética, hoje sabemos, é derivada dos processos de mutação e reprodução sexuada.

• A diversidade precisa ser hereditária. Do ponto de vista da Evolução, se um indivíduo é favorecido por suas características em um dado ambiente, mas não se reproduz, é como se ele nunca tivesse existido, já que suas características desaparecem com ele. Uma maneira simples de ver isso é o caso da mula e do burro. Eles são híbridos estéreis entre jumento e égua. Ambos são animais extremamente fortes e resistentes. Pode-se imaginar uma situação em que o burro levasse uma enorme vantagem sobre as suas duas espécies ancestrais (cavalo e jumento) em um dado ambiente. Pode-se supor que, com isso, um grande número de burros e mulas chegasse à idade adulta. No entanto, a mula e o burro são estéreis, ou seja, incapazes de se reproduzir, por isso, o número de burros e mulas na próxima geração seria determinado somente pelos cruzamentos entre jumentos e éguas. Num exemplo extremo, podemos imaginar que um burro nascesse com uma característica nova extremamente vantajosa. Mesmo assim, essa característica não seria transmitida aos seus descedentes.

• Finalmente, é preciso que exista seleção natural atuando sobre a diversidade de uma espécie. Um modo simples de explicar isso é afirmar que as diferenças entre os indivíduos fazem diferença. Ou seja, uma dada característica é vantajosa em relação a outra. Sendo assim, os portadores de uma característica vantajosa têm mais chances de chegar à idade adulta e/ou se reproduzir e deixar descendentes. A seleção natural está muitas vezes ligada ao conceito de competição intraespecífica e interespecífica que vimos em capítulos anteriores. No caso da competição intra-específica, os indivíduos portadores de uma dada característica terão mais descedentes do que os outros. Ao longo do tempo, aquele tipo de indivíduo se tornará cada vez mais numerosos na população, podendo-se mesmo imaginar que toda a espécie será, um dia, daquele tipo. Isso explicaria porque as espécies mudam, se transformam, ou seja, evoluem) ao longo do tempo. Já a competição interespecífica pode fazer com que uma espécie mais adaptada leve à extinção outra menos adaptada, especialmente se as duas ocupam o mesmo nicho ecológico ou tem nichos parecidos. Isso ajudaria também a explicar a extinção de espécies ao longo do tempo.

Exercícios

1) No Japão medieval era comum que as mulheres amarrassem seus pés desde a infância com objetivos puramente estéticos. Por causa disto, os pés destas mulheres não cresciam proporcionalmente ao tamanho do corpo. Após algumas gerações suas filhas nasceriam também com pés menores do que as filhas das mulheres que não os havia amarrado? Justifique.

2) *No ano de 1185 vivia no Japão um imperador de apenas 7 anos de idade, chamado Antoku, lider do clã de samurais Heike que vivia em guerra com outro clã, Genji, ambos reclamando direito ao trono imperial. Esses dois clãs se enfrentaram numa batalha naval decisiva no mês de abril de 1185, próximo a uma das ilhas do Japão, e o clã Heike, numericamente inferior, foi derrotado. Muitos morreram nessa batalha, e os sobreviventes, para não serem capturados pelo inimigo, lançaram-se ao mar, morrendo afogados, inclusive o pequeno imperador.*

Apenas 43 mulheres, damas de companhia da corte, sobreviveram à batalha e conseguiram nadar até uma aldeia de pescadores, onde passaram a viver e a manter viva a memória do pequeno imperador e dos tristes acontecimentos presenciados. Elas e seus descendentes estabeleceram um festival anual, que ocorre até hoje no mês de abril, em homenagem à batalha. Por séculos, as pessoas imaginavam ver os fantasmas dos samurais tentando, inutilmente, lavar o sangue e a derrota e humilhação sofridas, com água do mar. Os pescadores dizem que os samurais Heike vagueiam pelo fundo do mar do Japão na forma de caranguejos. Nesse mar existem alguns caranguejos que apresentam marcas curiosas em suas carapaças, sulcos e protuberâncias que formam uma figura surpreendentemente semelhante ao rosto de um samurai. Quando pescados, esses caranguejos não são comidos e sim devolvidos ao mar em respeito aos tristes acontecimentos da batalha de 1185.

Com base na evolução, como podemos explicar a presença do desenho do rosto de um samurai na carapaça de numerosos caranguejos atuais?

3) (CEDERJ / 2008-2, adaptada). Uma população de mariposas apresentava indivíduos de coloração branca e indivíduos de coloração escura. A cor dos indivíduos é determinada geneticamente. A proporção de indivíduos de coloração clara em uma localidade da Inglaterra em 1905 era de 80%, e a de indivíduos de coloração escura, 20%. Com a introdução de indústrias nessa localidade verificou-se que em apenas cinco anos a população de indivíduos de coloração clara caiu para 20% enquanto a porcentagem de indivíduos escuros aumentou para 80%.

A melhor explicação para esses fatos é:

(A) Com a mudança do ambiente a seleção natural que favorecia os indivíduos claros, passou a favorecer, com muita intensidade, os indivíduos escuros;

(B) Devido à alteração do ambiente, a taxa de mutação de claros para escuros aumentou muito;

(C) Devido às mudanças na qualidade do ar, indivíduos escuros foram atraídos de áreas vizinhas;

(D) A produção de fuligem determinou a morte ao acaso de 98% dos indivíduos da população. Os sobreviventes eram, em maior número, indivíduos escuros;

(E) Com a mudança do ambiente deixa de existir a panmixia (cruzamentos ao acaso). No novo ambiente os cruzamentos passaram a ocorrer apenas entre indivíduos com a mesma cor.

4) (CEDERJ / 2008-2, adaptada) José e Mário são produtores de milho e possuem propriedades vizinhas. José só planta milho, em sua propriedade, a partir de sementes. Mário só utiliza mudas produzidas por propagação assexuada através da cultura de mudas, todas obtidas de uma mesma planta que fornecia as maiores espigas. Nenhum dos dois produtores utiliza defensivos agrícolas (pesticidas) em suas plantações.

No ano passado, com o surgimento de uma espécie desconhecida de lagarta na região, toda a plantação de Mário foi dizimada, enquanto parte das plantas da área cultivada por José sobreviveu.

Explique a sobrevivência de parte das plantas de José.

5) (CEDERJ / 2007-2) Os antibióticos começaram a ser utilizados há cerca de 50 anos e eram muito eficientes, eliminando praticamente todas as bactérias causadoras de doenças. Depois de algum tempo, começaram a surgir bactérias resistentes aos antibióticos. O homem, então, produziu novos tipos de antibióticos e, alguns anos mais tarde, surgiram bactérias resistentes aos novos antibióticos. Mais recentemente ainda, apareceram bactérias resistentes a praticamente todos os antibióticos.

a) Explique o processo de aparecimento da resistência aos antibióticos nas bactérias.

b) Nos hospitais são encontradas bactérias extremamente resistentes a todos antibióticos. Como você explica esse fato?

6) Alterações no meio ambiente podem ter consequências sérias sobre a biodiversidade. Isso ocorre em nível local e global. Um dos casos mais conhecidos, também utilizado para corroborar a Teoria da Evolução de Darwin, é o das mariposas da espécie *Biston betularia*, frequentes na Inglaterra. Essas mariposas existem sob duas formas: uma clara com leves manchas escuras e outra, uniformemente escura. Ambas são presas habituais dos pássaros da região. A forma melânica (escura) é dominante sobre a clara. No entanto, até o advento da Revolução Industrial, a forma melânica era muito rara na natureza. A industrialização trouxe a fumaça e a fuligem, que mataram os liquens e enegreceram os troncos das árvores das áreas poluídas. Em consequência, os espécimes escuros da mariposa aumentaram em número em relação aos de cor clara. Esse aumento intrigou os cientistas, que investigaram suas causas libertando e recapturando mariposas claras e escuras, em áreas poluídas e não poluídas. O resultado obtido foi o seguinte:

		Claras	Escuras
Birmingham (poluída)	Libertadas	64	154
	Recapturadas	16 (25%)	82 (53,2%)
Dorset Woods (não poluída)	Libertadas	496	473
	Recapturadas	62 (12,5%)	30 (6,3%)

Qual a melhor explicação para o resultado obtido pelos pesquisadores?

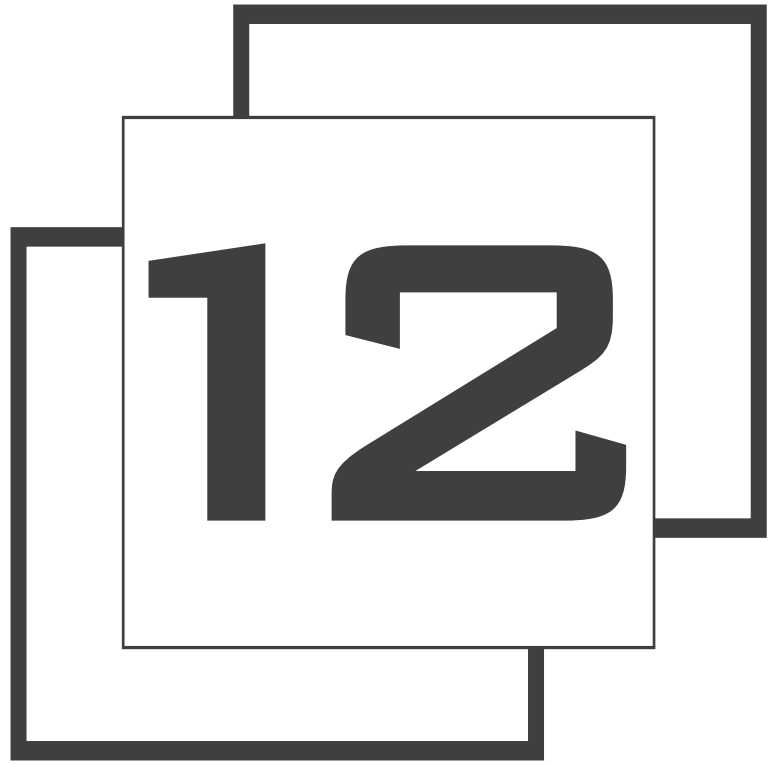
(A) É mais fácil recapturar mariposas em Dorset Woods do que em Birmingham.

(B) A fumaça e a fuligem provocam mutações no gene responsável pela coloração.

(C) Em Birmingham, as mariposas escuras estão mais bem adaptadas do que as claras.

(D) Mariposas claras vivem por mais tempo do que as mariposas escuras.

(E) Em Dorset Woods, as mariposas claras são mais predadas do que as escuras.



Especiação

:: Objetivo ::

• Compreender as explicações da Biologia atual para o processo de formação de novas espécies em consequência da Evolução.

Introdução

Como vimos no capítulo anterior, os seres vivos se transformam ao longo do tempo. Os diferentes indivíduos de uma espécie estão constantemente sendo selecionados pelo ambiente. Se imaginarmos o processo de surgimento da resistência ao DDT nos ambientes naturais, podemos supor que, passado um longo período de tempo, com uso constante de DDT, só restariam indivíduos resistentes a ele entre os insetos. Só para simplificar, vamos imaginar que toda a população de uma espécie de mosca que coloca seus ovos em maçãs tenha se tornado resistente a altas doses de DDT. Ou seja, no início, a quase totalidade das moscas morria com pequenas concentrações de DDT no meio, mas hoje todas sobrevivem em contato com este inseticida. A espécie, portanto, mudou ao longo do tempo. A pergunta então é: as moscas de hoje são da mesma espécie que eram no passado, digamos, há 100 anos atrás antes de se iniciar o uso do DDT? Afinal, elas têm características diferentes. Para responder a essa pergunta, é preciso ter clareza do conceito de espécie para a Biologia.

O conceito de espécie e especiação

Para nós é fácil reconhecer duas espécies de animais, quando elas são muito diferentes entre si, tais como cães e gatos, ratos e elefantes, sardinhas e tainhas e assim por diante. O mesmo vale para plantas, pois ninguém confunde um pé de milho com uma roseira ou uma jaqueira. Nosso conceito de espécie está muito ligado à forma, ou como dizem os biólogos, à morfologia dos seres vivos. Se eles são muito diferentes, acreditamos intuitivamente que devem ser de espécies diferentes, certo? Mas a coisa não é tão simples assim. Vejamos por exemplo o caso dos cachorros. Na figura 12.1 temos as imagens de quatro cães de raças diferentes. É fácil perceber que são animais muito diferentes, mas pertencem todos à mesma espécie. Vamos ver a agora a figura 12.2. Lobo e pastor alemão pertencem a espécies diferentes, como todos sabemos. Mas o que é mais parecido com um cão pastor, um lobo ou cão Yorkshire Terrier?

Yorkshire Terrier :: Foto: Renato Rocha

Cocker Spaniel :: Foto: Andy Smith

Lulu do Pomerânia :: Foto: Lia Digiquatri

Maltês :: Foto: Peter Ong

Figura 12.1: Quatro raças diferentes de cães.

Lobo :: Foto: Dave Dyet

Lobo :: Foto: Peter Beres

Pastor Alemão :: Foto: Jack Monterrey

Pastor Alemão :: Foto: Debbie Miller

Figura 12.2: Lobo (esquerda) e Pastor alemão (direita).

O conceito de espécie, ao menos para os biólogos, não está necessariamente ligado à aparência dos seres vivos, embora ela seja muitas vezes importante para definir uma espécie, e mesmo para diferenciar duas espécies. Mas obviamente a morfologia não pode ser o único critério, ou cada raça de cão seria considerada uma espécie diferente.

Sabemos também que as espécies podem mudar ao longo do tempo, mesmo que isso leve milhares ou milhões de anos, porque isso é, afinal, o que chamamos de evolução. Mas, se uma espécie muda ao longo do tempo, tornando-se diferente do que era no passado, em que momento deixa de ser a espécie inicial e torna-se a nova? Essa é uma pergunta difícil de responder. E, por trás dela, está a ideia de que o conceito de espécie é necessariamente um pouco arbitrário, ou se preferir, artificial. Isso porque, se a espécie vai se transformando gradualmente ao longo do tempo, como determinar em que momento se tornou outra espécie? Para definir esse limite, criou-se o conceito biológico de espécie, ainda no início do século XX. Segundo esse conceito, uma espécie é "uma população (ou conjunto de populações) isolada reprodutivamente de quaisquer outra população ou conjunto de populações". De modo mais simples, indivíduos pertencem a uma mesma espécie quando, sendo de sexos opostos, podem se reproduzir, gerando descendentes potencialmente férteis (capazes de se reproduzir). Esse conceito ainda é o mais usado pelos cientistas de modo geral, ainda que tenha limitações. Vamos falar um pouco dessas limitações apenas para que você compreenda o quanto o assunto de que estamos tratando é especialmente interessante. Voltemos ao caso de cães e lobos.

Um bassê dificilmente poderia, de fato, cruzar com um pastor alemão ou um dinamarquês. Isso, no entanto, não impede que os consideremos de uma mesma espécie. Sabemos que as raças de cães foram geradas por criadores que cruzavam apenas os exemplares que possuíam características desejadas, para o tipo de função que o cão deveria exercer (caça, corrida ou pastoreio, por exemplo). E muitas raças de cães muito diferentes podem cruzar entre si, dando origem muitas vezes ao conhecido cachorro vira-lata. E o lobo e o cão, podem cruzar e produzir descendentes férteis? A verdade é que podem. Mas para a ciência, eles são considerados como pertencendo a espécies diferentes, o que não é difícil de aceitar. Já os jumentos e os cavalos, embora possam cruzar, gerando burros ou mulas, são considerados como duas espécies independentes porque os dois híbridos (mulas e burros) são estéreis.

Há situações que fogem ainda mais à regra, como é o caso de bactérias e outros microrganismos, que se reproduzem por duplicação pura e simples. Nesses casos, a ideia de cruzamentos e descendentes férteis não faz qualquer sentido. Mesmo assim, os cientistas aceitam que existem milhares de diferentes espécies de bactérias e protistas.

A própria definição de espécie é, portanto, insuficiente para ser generalizada para todos os casos conhecidos. Porém, se quisermos entender o processo de evolução, temos de aceitar que as espécies existem, adotando um conceito que nos ajude a compreender e explicar os fenômenos de transformação dos seres vivos ao longo do tempo. Admite-se, porém, que o processo de formação de uma nova espécie pode ser muito demorado (longo), durando milhares ou milhões de anos. E, se a formação de uma nova espécie toma tanto tempo, ela não pode ser observada por seres humanos diretamente, nem testada em laboratório. O que não significa, no entanto, que não

existam evidências suficientes na natureza de que novas espécies surgem e outras desaparecem, como está documentado, por exemplo, nos fósseis. O que é menos simples de demonstrar é o processo de formação de uma nova espécie a partir de outra, ou seja, é difícil identificar uma espécie ancestral e aquelas (ou aquela) que se formaram a partir dela posteriormente. Mesmo assim, há pelo menos duas explicações importantes para o processo de surgimento de novas espécies, conhecido como especiação. Nesse capítulo utilizaremos o conceito de espécie que apresentamos há pouco, mesmo sabendo de suas limitações. Como veremos, ele nos permite propor explicações para diversos fenômenos relacionados à Evolução.

Mecanismos de especiação

Uma característica considerada essencial para o processo de especiação é o isolamento reprodutivo de duas populações. Isso significa que para que uma mesma população de uma única espécie original dê origem a uma ou mais espécies novas, é preciso que ela seja dividida em duas populações (A e B, por exemplo) e que os indivíduos de uma dessas populações continuem cruzando entre si, mas sejam de algum modo, impedidos de cruzar com a outra população (ou seja, indivíduos de A não cruzam com B). Isso pode parecer estranho, mas se pensarmos na formação de novas espécies ao longo do tempo, poderemos compreender melhor a importância do isolamento reprodutivo. Vamos tentar explicar isso com ajuda da figura 12.3.

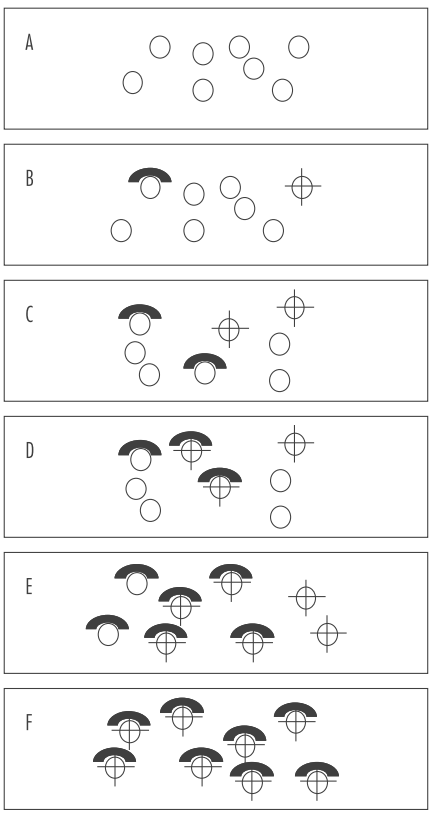


Figura 12.3: A transformação de uma espécie ao longo do tempo.

Em **A** representamos por pequenos círculos os indivíduos de uma espécie. Como sabemos, podem surgir indivíduos diferentes em uma população ao longo do tempo. Essas diferenças podem ser genéticas, ou seja, podem ser transmitidas aos descendentes. Diferenças genéticas hereditárias são chamadas de mutações. Imaginemos, como mostrado em **B**, que surjam dois indivíduos mutantes na população. E que cada uma dessas mutações seja útil para a sobrevivência dos indivíduos (vantajosa, como se costuma dizer). Como essas mutações são hereditárias, os descendentes dos dois indivíduos mutantes, também as terão. Como ambas são vantajosas, os descendentes portadores de qualquer uma dessas mutações irão se tornar numerosos (**C**). Por isso mesmo, poderão cruzar entre si, produzindo indivíduos portadores das duas mutações (**D**). Se, juntas em um mesmo indivíduo, as duas mutações continuarem sendo vantajosas, podemos imaginar que, após um longo tempo, todos os indivíduos da espécie serão portadores de ambas (**D** e **E**). E, ao final de um longo período, poderemos ter o surgimento de uma nova espécie, mas a espécie original terá desaparecido.

Na verdade, pode-se dizer, a respeito do exemplo acima, que a espécie original se transformou, mas que não faz sentido chamá-la de uma nova espécie. Para essas espécies que se transformam muito ao longo do tempo, a ponto de ficarem muito diferentes do que eram antes, alguns pesquisadores sugeriram o termo cronoespécies. Ou seja, espécie que se torna diferente ao longo do tempo (crono). Mas esse tipo de processo não leva ao surgimento de duas espécies a partir de uma única. Isso porque, com o cruzamento dos indivíduos, as novas características se combinaram nos descentes, alterando a população como um todo ao longo do tempo.

Agora vamos ver, na figura 12.4, uma situação ligeiramente diferente.

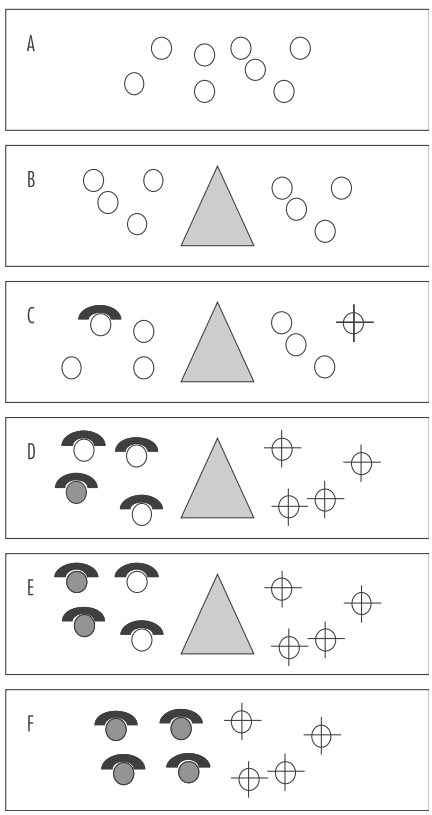


Figura 12.4: O surgimento de novas espécies.

Começamos com a mesma população (**A**). Porém, surge uma barreira que separa a população em duas novas populações (**B**). Geneticamente, nada mudou. Mas os indivíduos de uma população não podem mais cruzar com os da outra, simplesmente porque algum tipo de barreira os separou fisicamente. Imagine, por exemplo, que uma pequena porção de terra tenha sido separada do resto pelo mar, criando uma ilha. Ou que um riacho tenha se tornado tão caudaloso que separou duas populações. Isso acontece muito mais frequentemente do que se pensa. Nos últimos milhões de anos, por exemplo, a quantidade de gelo na terra variou muito, fazendo com que o nível do mar subisse e descesse muitas vezes (quanto mais gelo é formado, menos água em estado líquido resta nos oceanos). Isso fez com que ilhas surgissem, desaparecessem ou se unissem aos continentes.

Podemos imaginar ainda que os ambientes em que as duas populações ficaram sejam diferentes. Por exemplo, uma nova montanha tornou o ambiente à esquerda chuvoso, pela proximidade do mar e o da direita mais seco, já que as chuvas caem do outro lado da montanha. Suponhamos que mutações vantajosas surjam em cada uma das duas populações (**C**). As mutações não apenas podem ser diferentes, como podem representar adaptações para ambientes diferentes. Ou seja, são vantajosas de um lado da montanha, mas não do outro. Como são vantajosas, tornam-se comuns nos descendentes, ao mesmo tempo que novas mutações vão surgindo (**D** e **E**). Com o decorrer de milhares ou milhões anos, as populações vão acumulando diferenças genéticas cada vez maiores, a ponto de que se tornam incapazes de cruzar entre si. Quando isso ocorre, diz-se que as populações sofreram isolamento reprodutivo, ou que estão isoladas reprodutivamente. Isso não tem muita importância se a barreira permanece, já que as duas populações não cruzariam de qualquer jeito. Mas, é especialmente importante se as populações entram novamente em contato. Isto porque, nesses casos, as diferenças acumuladas impedem que o cruzamento ocorra e, portanto, impedem que se combinem em um mesmo indivíduo no futuro. Com isso, tem-se a formação de duas novas espécies (**F**).

O processo descrito acima é denominado de especiação alopátrica. Alo, significa diferente e pátrico (assim como pátria) significa lugar a que se pertence. Outro nome usado para o mesmo processo é especiação geográfica, já que uma barreira geográfica separa em duas ou mais uma mesma população inicial, permitindo que o processo se inicie.

Uma pergunta que deve estar lhe ocorrendo é: uma mesma espécie pode dar origem a novas espécies sem que a população seja dividida geograficamente? A resposta a esta pergunta gerou muita controvérsia ao longo dos séculos XIX e XX, mas hoje parece resolvida para a maioria dos biólogos.

O principal problema para a aceitação de um processo de especiação simpátrica (em um mesmo lugar) era aquele mostrado na figura 12.3: como duas populações poderiam se tornar tão diferentes a ponto de "especiar", se poderiam combinar suas características novas nos descendentes. Isso parecia (e parece ainda) impossível para algumas pessoas. Mas há outras maneiras de alcançar o isolamento reprodutivo sem que ocorra necessariamente o isolamento geográfico. E além de alguns exemplos teóricos para isso terem sido propostos, algumas observações práticas parecem corroborá-los. Vamos tratar de um único exemplo, documentado nos últimos 20 anos por pesquisadores de importantes universidades dos Estados Unidos da América (EUA) e da Europa.

Na América do Norte existe uma espécie de mosca (*Rhagoletis pomonella*) que depositava seus ovos nos frutos de uma planta arbustiva pouco conhecida entre nós, cujo nome em português (ela existe em Portugal) é pilriteiro. Os ovos se desenvolvem, dando origem a larvas, que, por sua vez, abandonam os frutos e se refugiam no solo, dando origem posteriormente a novas moscas. No século XVIII iniciou-se o cultivo de maçãs nos EUA, a partir de mudas trazidas da Europa. Logo se verificou que as moscas da espécie *Rhagoletis pomonella* estavam parasitando também as maçãs. Supôs-se então que pudessem estar surgindo duas espécies diferentes de moscas, uma que se reproduziria nas maçãs e outras nos pilriteiros. Estudos têm confirmado que as duas populações parecem estar de fato se separando: as moscas nascidas em maçãs são atraídas pelo cheiro dessas frutas, mas respondem pouco ao cheiro do pilrito. Já as moscas nascidas em pilriteiros respondem ao odor destes frutos e não ao das maçãs. Diversas diferenças genéticas foram descritas entre as duas populações. Como as macieiras e os pilriteiros frutificam em épocas do ano um pouco diferentes, a explicação mais provável é que cada população de moscas esteja se tornando mais e mais adaptada ao fruto em que se desenvolve. Nesse caso, portanto, estariam se formando novas espécies em um mesmo local – sem isolamento geográfico. O que é mais interessante é que a mesma espécie de moscas parasita também as cerejas, ou seja, pode ocorrer (ou estar ocorrendo) a formação de uma terceira espécie. Nesses casos, o isolamento reprodutivo pode estar se estabelecendo em função do local (fruto) preferido para reprodução em associação com a época do ano em que cada fruto amadurece. É bom destacar, no entanto, que embora as pesquisas sugiram que a especiação está ocorrendo, as duas populações ainda são consideradas de uma mesma espécie.

Em resumo, a especiação simpátrica possivelmente ocorre também, mas depende igualmente de isolamento reprodutivo. Esse isolamento, no entanto, poderia ocorrer em decorrência de fatores ecológicos (caso da *Rhagoletis*). Sugere-se ainda que fatores comportamentais poderiam levar ao isolamento reprodutivo e à especiação. Entre esses comportamentos estaria o canto usado por certas espécies de animais para atrair fêmeas. Todos sabemos que muitos pássaros cantam para atrair suas fêmeas, mas o que a maioria desconhece é que muitos insetos também o fazem. Em alguns casos, o canto de alguns machos poderia ser um pouco diferente, atraindo fêmeas especialmente sensíveis aquele canto. Com o tempo, fêmeas cada vez mais sensíveis ao canto diferente (que também poderia se tornar cada vez mais diferente) poderiam levar finalmente ao isolamento reprodutivo e posteriormente à especiação.

Essa é uma área em que muitas pesquisas importantes estão sendo desenvolvidas, e que certamente apresentará muitas novidades em um futuro próximo.

Foto: Central Science Laboratory, Harpender (Reino Unido)

Foto: Central Science Laboratory, Harpender (Reino Unido)

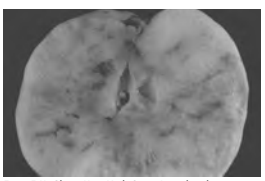


Foto: E.H. Glass, New York State Agricultural Experiment Station (EUA)

Foto: New York State Agricultural Experiment Station (EUA)

Resumo

A formação de novas espécies depende da existência de isolamento reprodutivo, o que permite que diferenças se acumulem entre duas ou mais populações. Quando o isolamento reprodutivo depende de uma barreira geográfica, a especiação é dita alopátrica, e quando ocorre sem isolamento geográfico, mas com barreiras ecológicas ou comportamentais, é dita simpátrica.

Exercícios

1) *Indivíduos de espécies diferentes podem viver em simpatria, ou seja, viver no mesmo lugar ao mesmo tempo, conservando-se como espécies diferentes, pois são isolados reprodutivamente. Indivíduos de duas subespécies da mesma espécie apresentam diferenças genéticas características de cada subespécie, mas não apresentam isolamento reprodutivo.*
Duas subespécies podem viver em simpatria, mantendo-se como subespécies diferentes? Justifique sua resposta.

2) (UFRJ / 2006) *Um mecanismo de especiação que ocorre em plantas, mas é raro em animais, começa com a hibridação, ou seja, o cruzamento de indivíduos de duas espécies diferentes. Alguns híbridos não são estéreis. Quando os híbridos cruzam somente entre si, podem gerar uma nova espécie ao longo do tempo. Quando os cruzamentos ocorrem entre híbridos, e também entre eles e as espécies ancestrais, não se forma uma nova espécie.*
Por que o cruzamento com as espécies ancestrais impede a especiação em decorrência da hibridação?

3) *As ilhas do Havaí são habitadas por diversas espécies de mariposa do gênero Hedylepta que se alimentam principalmente de palmeiras nativas da ilha. No entanto, em uma ilha existe uma espécie de Hedylepta que se alimenta exclusivamente de bananeiras, que foram introduzidas no arquipélago do Havaí pelos polinésios há apenas 1000 anos. Tudo indica que uma espécie ancestral que se alimentava em palmeiras deu origem à nova variedade que se adaptou às bananeiras e tornou-se uma nova espécie reprodutivamente isolada. A nova espécie é atualmente considerada pelos cultivadores de banana como uma praga, uma vez que afeta a produtividade dessas plantas.*

Adaptado de "Steven M. Stanley, "Evolution of Life: Evidence for a New Pattern", Great Ideas Today, 1983, (Chicago: *Encyclopaedia Britannica*, 1983), p. 21.

Sobre o processo de surgimento da nova espécie de mariposas no Havaí, é correto afirmar que:

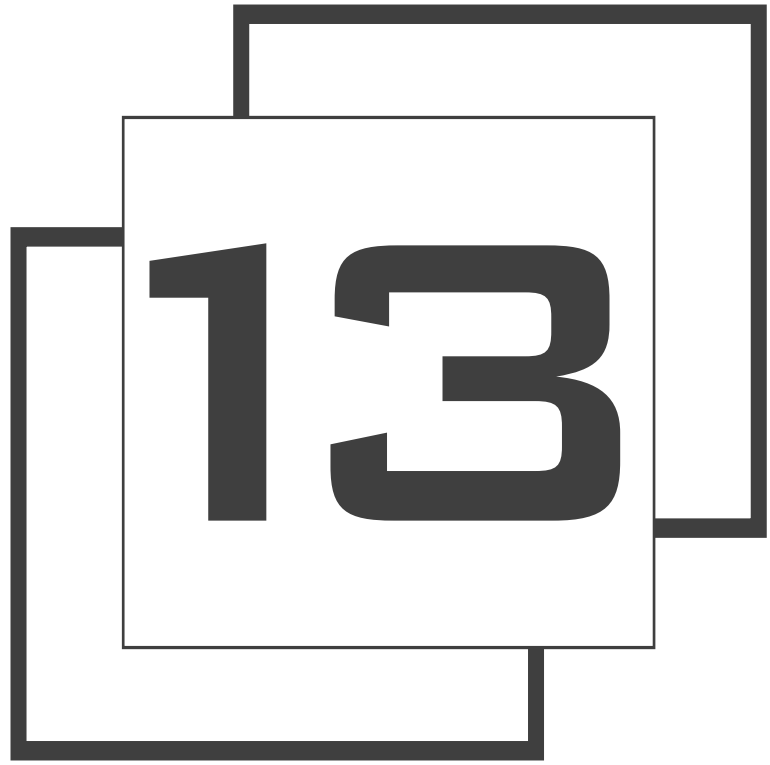
(A) Ocorreu por um processo alopátrico (alopatria) já que as bananeiras e as mariposas eram originárias de ambientes isolados anteriormente.

(B) Ocorreu por um processo simpátrico, pois as mariposas ancestrais das duas espécies atualmente existentes se encontravam em um mesmo ambiente (ilha do arquipélago do Havaí).

(C) Ocorreu ao acaso, uma vez que a adaptação ao consumo das bananeiras pelas mariposas se deu por mutação.

(D) Demostra que a evolução ocorreu porque houve a especiação de duas espécies diferentes, as bananeiras e mariposas do gênero Hedylepta.

(E) Ocorreu por um processo alopátrico (alopatria) uma vez que as mariposas vivem em ilhas.



Composição química dos seres vivos

:: Objetivo ::

• Conhecer algumas propriedades das principais moléculas que compõem a célula.

Como vimos anteriormente, as moléculas orgânicas estão presentes nos organismos vivos. Tais moléculas orgânicas são compostas principalmente por alguns poucos tipos de átomos: carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e enxofre. Como podemos constatar ao analisar a figura 13.1, esses átomos aparecem nos seres vivos em proporções muito mais elevadas do que na matéria inanimada (como a crosta terrestre). Em compensação, átomos extremamente abundantes na parte não viva de nosso planeta, como o silício e o ferro, são extremamente raros nos seres vivos. A primeira característica das moléculas orgânicas, portanto, é que elas são compostas de uns poucos átomos específicos.

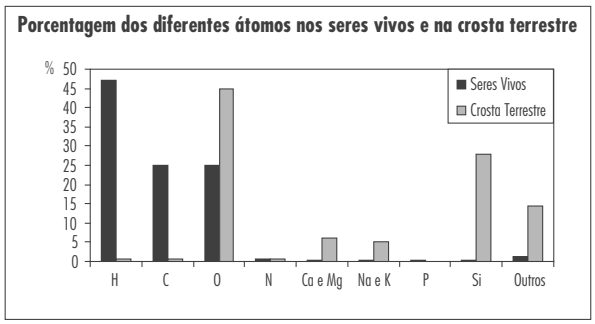


Figura 13.1

Um outro detalhe importante a respeito das moléculas orgânicas é o fato de que elas possuem propriedades muito diferentes, embora seus componentes químicos sejam muito semelhantes. Assim, tanto os carboidratos (como o açúcar) quanto os lipídeos (como os óleos) são formados somente de carbono, hidrogênio e oxigênio. Mas, como todos sabemos, as propriedades do óleo e do açúcar são muito diferentes. O que permite que duas moléculas de composições químicas tão similares sejam tão diferentes? A resposta, mais uma vez, está na organização desses componentes. Assim como as palavras "bato" e "bota" podem ser formadas com as mesmas letras, também moléculas diferentes podem ser formadas com os mesmos átomos. O que torna as moléculas diferentes são as proporções de cada tipo de átomo em cada uma delas, bem como as maneiras como eles se ligam uns aos outros em cada uma delas. Além disso, embora todos os tipos de letras presentes na palavra "abato" estejam presentes também em "bato", a quantidade de letras das duas palavras é diferente. Da mesma forma, moléculas podem diferir entre si em função da quantidade de átomos presentes em cada uma delas. Vale lembrar, no entanto, que assim como as moléculas, os átomos tampouco podem ser considerados vivos.

Podemos então compreender melhor a separação entre mundo vivo e não vivo se analisarmos a figura 13.2.

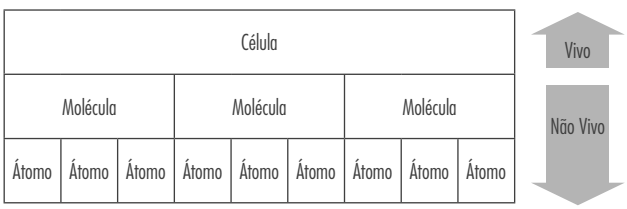


Figura 13.2: As moléculas e átomos que compõem as células e outras partes dos seres vivos não podem ser considerados vivos.

Vamos, agora conhecer um pouco mais sobre os átomos e as moléculas, de modo a podermos avançar no nosso estudo sobre a célula. Como acabamos de ver, as substâncias são formadas por moléculas e estas moléculas são formadas por átomos.

Você com certeza já ouviu dizer que a água é formada por H_2O, que o gás carbônico pode ser chamado de CO_2. O que esses símbolos significam?

Quando dizemos que a água é formada por H_2O estamos nos referindo a uma molécula de água, que é formada por 2 átomos de Hidrogênio (H_2) e 1 átomo de Oxigênio (O). No caso do CO_2 (gás carbônico) temos uma molécula formada por 1 átomo de Carbono (C) e 2 átomos de Oxigênio (O_2). A figura 13.3, abaixo, contém a representação de moléculas de algumas substâncias. Cada átomo é representado por um círculo de tamanho diferente, para indicar que têm massas e tamanhos diferentes.

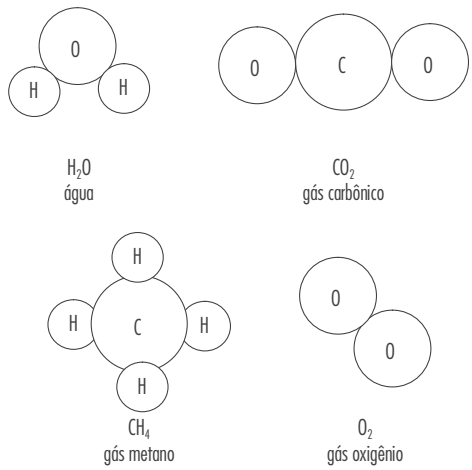


Figura 13.3: Alguns exemplos de moléculas

Como você deve ter notado, embora representemos a água como H_2O, os dois átomos de Hidrogênios não estão ligados entre si, mas ligam-se, ambos, ao único átomo de Oxigênio presente. De modo semelhante, os dois átomos de Oxigênio do CO_2 ligam-se ao Carbono.

O que mantém os átomos ligados entre si

Cada molécula, portanto, se caracteriza pelo número de átomos que possui, o tipo de átomos e arrumação desses átomos. Mas o que mantém um átomo preso ao outro numa molécula (de água, gás carbônico etc.)?

Os átomos apresentam um núcleo carregado com carga elétrica positiva, graças à presença de partículas chamadas prótons. Em torno do núcleo ficam os elétrons, partículas de carga negativa. No núcleo também existem partículas sem carga elétrica, os nêutrons. Para o estudo dos temas que nos interessam, os nêutrons não são importantes. Vamos nos concentrar somente nos prótons e elétrons.

Como os elétrons têm carga oposta à carga do núcleo, eles são atraídos pelo núcleo. Em geral a quantidade de cargas negativas (elétrons) em um átomo é igual à quantidade de cargas positivas (prótons), de modo que átomos isolados são neutros.

Os elétrons que se distribuem na parte mais superficial de um átomo, porém, podem ser atraídos também pelo núcleo positivo de outro átomo. Essa atração pode ser mútua. Se isso acontecer, os dois átomos permanecerão juntos, ligados entre si por essa atração. Dizemos então que há uma ligação entre esses átomos. É o que acontece com os 3 átomos (2 de hidrogênio e 1 de oxigênio) que formam a molécula de água. Os elétrons de cada átomo de hidrogênio são atraídos pelo núcleo do oxigênio e os elétrons do oxigênio são atraídos pelos núcleos dos hidrogênios. Ou seja, cada hidrogênio estabelecerá uma ligação com o oxigênio e o oxigênio ficará ligado a dois hidrogênios como mostrado na figura 13.3. Os elétrons compartilhados mantêm os átomos ligados. Desse modo os dois hidrogênios e o oxigênio permanecem juntos, formando a molécula de água.

Algo semelhante ocorre com os 3 átomos que formam o gás carbônico (CO_2). O núcleo do carbono atrai os elétrons superficiais dos átomos de oxigênio e cada átomo de oxigênio atrai elétrons superficiais do carbono. Assim cada oxigênio se ligará ao carbono e este ficará ligado aos 2 átomos de oxigênio como mostrado na figura 13.3.

Note que, no caso da água, um átomo (oxigênio) compartilha elétrons (se liga) com dois outros (hidrogênios). Algo parecido ocorre no caso do gás carbônico. O número de ligações desse tipo que cada átomo pode formar depende do seu número de elétrons, e da maneira como esses elétrons se distribuem ao redor do núcleo. Mais uma vez, porém, podemos deixar esses detalhes de lado e nos concentrar no fato de que os átomos podem se ligar uns aos outros formando moléculas.

Nas células existem desde substâncias formadas por moléculas pequenas (como a água que só tem 3 átomos) até moléculas muito grandes, com um grande número de átomos ligados entre si (algumas proteínas são compostas de dezenas de milhares de átomos). A representação dessas moléculas utilizando bolinhas diferentes para cada tipo de átomo seria muito trabalhosa, e para facilitar a identificação dos átomos em cada molécula, utilizamos apenas o símbolo do átomo (composto de uma ou duas letras) para representá-lo. A figura 13.4 mostra alguns exemplos de moléculas que existem nas células, representadas pelas suas fórmulas. As fórmulas indicam quais e quantos são os átomos presentes, bem como a maneira como eles se ligam uns aos outros.

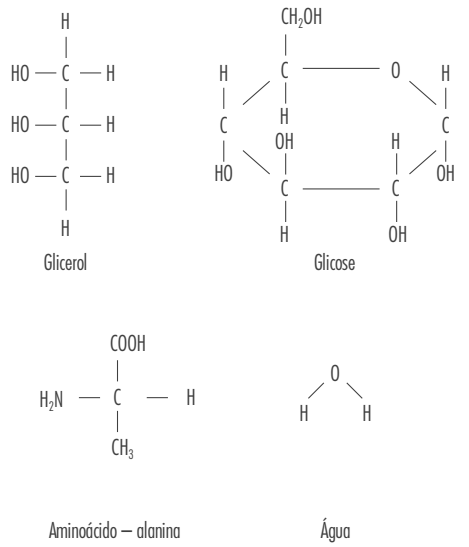


Figura 13.4: Fórmula estrutural de algumas moléculas presentes nas células

Atividade 1

Observe a figura 13.4 e preencha a tabela abaixo com: os tipos de átomos presentes em cada molécula, a quantidade de cada átomo na molécula e o total de átomos em cada molécula.

Tipos de átomos	Moléculas			
	Glicerol	Glicose	Alanina	Água
Total de átomos				

Moléculas polares e moléculas apolares

De um modo simplificado, podemos dizer que existe uma relação entre o tipo de núcleo de um átomo e a força com que ele atrai elétrons. Quanto maior (mais partículas positivas tem) o núcleo de um átomo, maior a força com a qual os elétrons são atraídos por ele.

Atividade 2

No caso da molécula de água, o átomo de oxigênio tem um núcleo 8 vezes mais positivo do que o núcleo do hidrogênio. Ao redor de qual dos dois tipos de átomo você espera, então, que se concentrem os elétrons da molécula de água?

Se os elétrons se concentram mais próximos do núcleo de um dos átomos, isto leva a um desequilíbrio da distribuição das cargas negativas nessa molécula. Em vez de ficarem homogeneamente distribuídos por toda a molécula, neutralizando igualmente os dois núcleos, os elétrons vão se concentrar mais em torno do núcleo maior.

Na figura 13.5A, a seguir, a molécula de água está representada utilizando bolas claras para o hidrogênio e uma bola escura para o oxigênio. Como o oxigênio tem um núcleo mais positivo do que o hidrogênio os elétrons superficiais vão ficar mais concentrados em torno dele, tornando essa área mais negativa. Na região formada pelos átomos mais claros (hidrogênios) há uma falta de cargas negativas, tornando-a mais positiva. A figura 13.5B representa o resultado da distribuição desigual dos elétrons superficiais em torno da molécula de água.

Figura 13.5A: A distribuição de cargas na molécula de água.

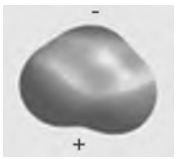


Figura 13.5B: Os dois polos da molécula de água.

É importante observar que a molécula de água não tem carga efetiva, isto é, o número total de elétrons da molécula é igual ao número total de prótons. Mesmo assim, por ter elétrons distribuídos desigualmente, cada molécula de água acaba tendo cargas parciais opostas em regiões diferentes. Como possui duas regiões, uma positiva e outra negativa, a molécula é chamada de dipolo elétrico (com dois polos de cargas opostas). A molécula de água, portanto, é uma molécula polar. Apesar de serem coisas diferentes fisicamente, pode-se pensar genericamente nas moléculas de água como pequenos ímãs, com polos positivos e negativos.

Nem sempre a diferença nas forças de atração de dois núcleos será capaz de criar regiões de cargas opostas na superfície de uma molécula. Dependendo da arrumação dos átomos na molécula, os elétrons superficiais ficarão homogeneamente distribuídos, e ela não terá polos carregados. É o que acontece com a molécula de CO_2, por exemplo. Os elétrons superficiais dos átomos de carbono (C) e oxigênio (O) estão distribuídos de tal modo que as cargas negativas envolvem as cargas positivas que ficam no centro, sem criar polos. Essas moléculas são chamadas apolares. Nos óleos e nas gorduras acontece algo semelhante: não há cargas parciais. Assim, os óleos e gorduras são exemplos de moléculas apolares. E como você já deve ter observado, essas substâncias não se dissolvem na água. Se você colocar óleo e água num pote, agitar bem e, em seguida, deixar o pote em repouso, verá que o óleo, aos poucos, se separa da água formando uma camada na superfície. Como se explica isso?

As moléculas de água, por terem polos opostos, se atraem mutuamente, como mostrado na figura 13.6. O polo negativo de uma atrai o polo positivo da outra.

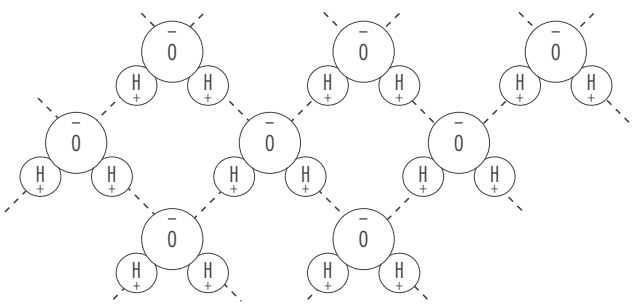


Figura 13.6: Na água, os polos positivos das moléculas atraem os polos negativos de outra molécula. As linhas pontilhadas representam a atração entre polos diferentes.

Para que as moléculas de uma substância qualquer se dissolvam na água é necessário que elas sejam atraídas pelos polos das moléculas de água. Se isso não acontecer, elas se unirão, agrupando-se, até se separarem completamente da água. Assim, moléculas apolares, como as de óleo e de gordura, por não terem polos carregados, não se dissolvem em água. Essas moléculas não são atraídas pelos polos das moléculas de água.

As moléculas de água somente atrairão: a) outras moléculas de água, b) moléculas que tenham polos ou c) moléculas que tenham cargas positivas ou negativas.

Além disso, átomos com quantidades diferentes de prótons e elétrons (chamados de íons) se dissolvem em água.

Em resumo, as moléculas carregadas, ou as moléculas polares, se dissolvem com facilidade em água pois são atraídas pelos polos positivo e negativo das moléculas de água.

Atividade 3

Por que os íons são atraídos pelas moléculas de água?

Abaixo temos um esquema representando uma molécula de lipídio com todos os seus átomos.

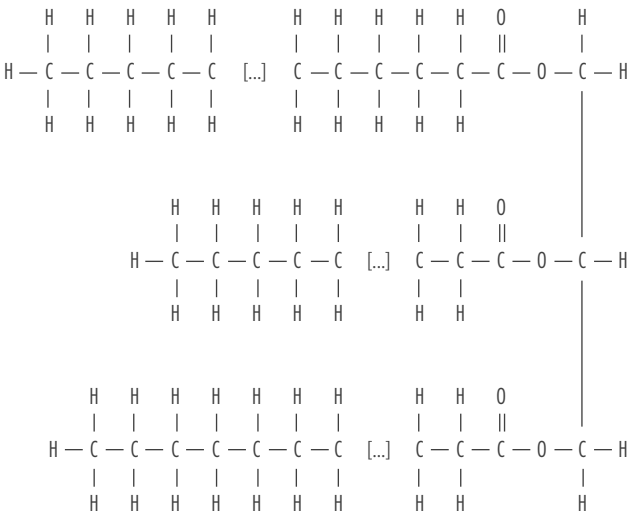


Figura 13.7: Exemplo de molécula apolar – triglicerídio.

Grau de acidez de uma solução

Uma outra propriedade importante das soluções, e que afeta o funcionamento da célula, é o seu grau de acidez. Você com certeza já ouviu falar em ácidos, referindo-se, por exemplo, à acidez do vinagre. Também reconhece substâncias ácidas pelo seu gosto azedo típico, como o do limão, do leite azedado (coalhada) e do vinagre, entre outros. A explicação para a acidez de uma substância está diretamente ligada ao átomo de hidrogênio que faz parte das moléculas de muitas substâncias orgânicas.

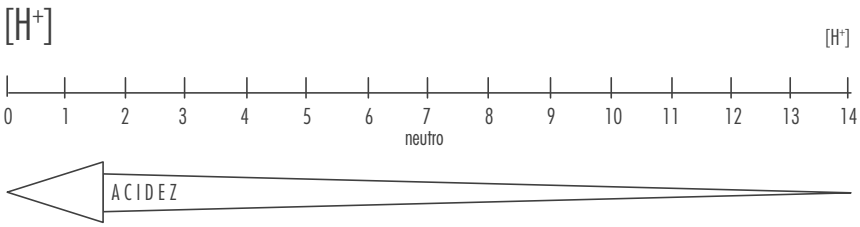
Embora seja o átomo mais simples que existe, com um único próton e um único elétron, o hidrogênio tem propriedades que o tornam muito importante na célula (reveja na figura 13.2 a abundância do Hidrogênio nos seres vivos). Como o núcleo do hidrogênio é muito pequeno, o seu elétron tende a ficar mais próximo do núcleo de outros átomos em muitas das moléculas das quais ele faz parte.

Existe um grupo especial de substâncias importantes para a célula que, ao serem dissolvidas em água, perdem seus átomos de hidrogênio sob a forma de íons. Esses íons hidrogênios ficam livres na solução, pois quando se desligam da molécula da qual faziam parte, não são capazes de carregar seus elétrons que estão firmemente atraídos pelos núcleos dos outros átomos dessa mesma molécula.

Esse íon hidrogênio, livre na solução, sem o seu elétron, logo, formado por um único próton, é chamado de íon H^+ (Lembre-se: o hidrogênio é o átomo mais simples que existe, perdendo o elétron, fica reduzido a um próton). A representação H+, portanto, equivale a um próton do hidrogênio.

Quando uma substância, ao ser dissolvida na água, libera íons H^+ dizemos que ela é um ácido. A acidez de uma solução depende da quantidade de íons H^+ dissolvidos. Quanto maior a quantidade de H^+ numa solução, mais ácida ela se torna.

A unidade de medida da acidez é o pH. A escala de pH varia entre 0 e 14. Quanto menor o valor de pH, mais ácida é a solução, isto é, mais íons H^+ estão dissolvidos. Quanto maior o valor de pH, mais alcalina é a solução. A definição de alcalinidade não importa no momento.



Os menores valores de pH indicam maior acidez e maior concentração de H^+! Existe uma razão matemática para isso, mas no momento basta que você se lembre de que a escala de pH é invertida em relação à acidez!

Resumo

- Todas as células de todos os seres vivos são compostas pelos mesmos tipos de moléculas.
- A água é a substância mais abundante presente nas células.
- Além da água, nas células existem substâncias especiais, exclusivas delas, que são as substâncias orgânicas.
- As substâncias orgânicas são principalmente as proteínas, os carboidratos, os lipídeos e os ácidos nucleicos (ADN e ARN).
- Todas as substâncias, orgânicas ou não, são formadas de moléculas.
- As moléculas de todas as substâncias são formadas por átomos.
- As moléculas diferem entre si pelo tipo de átomos de que são formadas, pela quantidade desses átomos e pela forma como esses átomos se ligam.
- Átomos são formados por partículas com diferentes cargas elétricas: prótons positivos, elétrons negativos e nêutrons neutros.
- O núcleo de um átomo pode atrair os elétrons superficiais de outro átomo. Se isso acontecer os dois átomos permanecerão ligados.
- Se o número de prótons for igual ao número de elétrons em uma molécula, então a molécula é neutra.
- Mesmo sendo neutra, uma região da molécula pode ter maior concentração de elétrons do que a outra. Neste caso haverá uma região levemente negativa e outra levemente positiva na molécula.
- Moléculas com regiões positivas e negativas na sua superfície são chamadas de polares.
- A água é uma substância polar pois suas moléculas apresentam dois polos, um positivo e outro negativo. Moléculas polares, carregadas ou íons se dissolvem em água.
- Moléculas em que os elétrons são distribuídos igualmente pela superfície são chamadas de apolares.
- Substâncias como os óleos e as gorduras apresentam moléculas apolares.
- Moléculas apolares não são atraídas pelas moléculas de água e portanto não se dissolvem nela.
- Certas substâncias quando dissolvidas em água perdem átomos de hidrogênio na forma de íons H^+.
- A acidez de uma solução depende da concentração dos íons H^+.
- A acidez de uma solução é medida pelo pH.
- Quanto maior a concentração de íons H^+, maior a acidez da solução e menor o seu pH.

Exercícios

1) Na tabela abaixo estão mostradas as propriedades de algumas moléculas quanto à sua polaridade. Considerando que a água é uma substância polar e os lipídeos são apolares, complete a tabela marcando um X na coluna apropriada para indicar se a substância é solúvel em água ou em lipídeo. Escreva uma justificativa para sua resposta.

Molécula	Propriedade	Solubilidade em água	Solubilidade em lipídeos
colesterol	não polar		
vitamina D	não polar		
amônia	polar		
Cloreto de sódio	iônico		
íon K	carga +		
íon Cl	carga -		

2) Assinale a opção que contém duas moléculas exclusivamente orgânicas

(A) Água e ADN
(B) ADN e gás carbônico
(C) Gás carbônico e água
(D) ADN e proteínas
(E) Proteínas e gás carbônico

3) Sobre a diversidade de moléculas orgânicas existentes nos seres vivos são feitas as seguintes afirmativas:

I. Os átomos mudam sua composição em termos de prótons e elétrons nas diferentes moléculas orgânicas.

II. As moléculas orgânicas só existem nos seres vivos porque são compostas de átomos especiais por eles produzidos.

III. As moléculas orgânicas são compostas dos mesmos elementos da matéria não viva, porém suas proporções são diferentes.

Assinale a opção que contém apenas afirmativas corretas:

(A) I, II, III
(B) I e II
(C) II
(D) III
(E) I e III

4) Uma solução com um pH muito menor do que 7,0, indica:

(A) Que ela contém uma pequena concentração de H^+.
(B) Que ela contém uma alta concentração de H^+.
(C) Que ela só contém água.
(D) Que ela é neutra.
(E) Que ela não é ácida.

14

Uma molécula orgânica especial: a proteína

:: Objetivo ::

• Compreender a importância da forma das proteínas para o seu funcionamento.

Introdução

Entre as principais moléculas que compõem as células e, portanto, os seres vivos, estão as proteínas. Para se ter uma noção da importância dessas moléculas basta saber que, depois da água, elas são os componentes mais abundantes nos seres vivos, sejam eles quais forem. Cerca de 15 a 20% da massa (peso) de um vertebrado, por exemplo, é composta de proteínas. Essas proteínas têm funções variadas que vão desde a estruturação do organismo (caso do colágeno, abundante na pele e nos ossos) e o controle das reações químicas do metabolismo (caso de hormônios, como a insulina) até o transporte de oxigênio pelas hemácias (função da hemoglobina). Na verdade, poucas são as funções de uma célula ou de um organismo nas quais pelo menos uma proteína não está diretamente envolvida. Exatamente porque essas moléculas são tão importantes é que precisamos conhecê-las com um pouco mais de profundidade. Se compreendermos adequadamente as propriedades das proteínas, entenderemos mais facilmente praticamente todas as funções dos seres vivos.

Composição química das proteínas

Os estudos iniciais a respeito das proteínas mostraram que elas são ricas principalmente em átomos de Carbono, Nitrogênio, Hidrogênio e Oxigênio, embora algumas possam conter também Enxofre, Fósforo e outros elementos químicos em menores quantidades.

Sabe-se hoje que estes átomos estão distribuídos de modo muito característico nas moléculas de proteínas. As proteínas são conhecidas como macromoléculas (moléculas muito grandes), porque, na verdade, são compostas de moléculas menores e parecidas entre si: os aminoácidos. Uma maneira de compreender isso é imaginar as proteínas como palavras, e os aminoácidos como as letras que as compõem. Da mesma forma que é possível formar um grande número de palavras com alguns poucos tipos de letras, um grande número de proteínas pode ser formado com alguns poucos tipos de aminoácidos. Assim como as letras são as unidades que compõem as palavras, os aminoácidos são as unidades formadoras das proteínas. Se compreendermos as propriedades dos aminoácidos, poderemos compreender as propriedades das proteínas e, com isso, entender melhor como elas exercem suas variadas funções.

Se todas as unidades formadoras das proteínas são conhecidas como aminoácidos, é porque todas elas têm algo comum. Porém, se dizemos que há 20 tipos de aminoácidos, é porque eles todos são também diferentes entre si.

Atividade 1

Observe na figura 14.1 os esquemas representando as moléculas de 10 dos 20 principais aminoácidos conhecidos.

Identifique (circule com lápis) o que há de comum nas estruturas de todos eles.

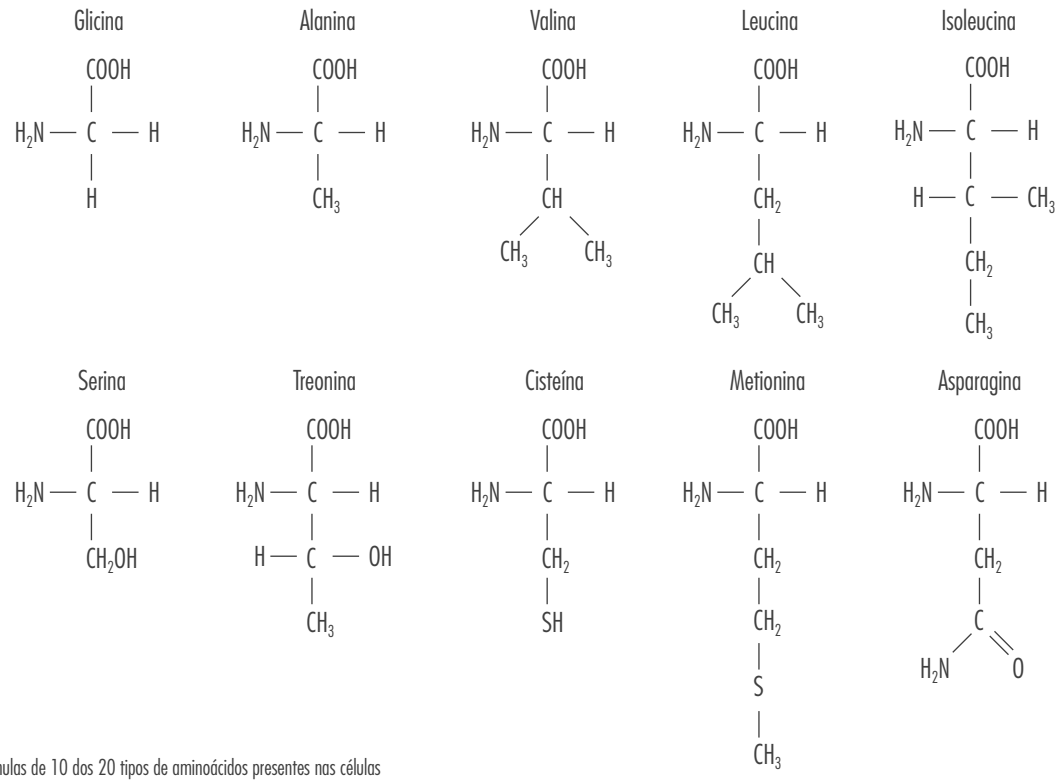


Figura 14.1: Fórmulas de 10 dos 20 tipos de aminoácidos presentes nas células

Apesar das características comuns que você identificou, cada aminoácido tem também componentes diferentes em suas moléculas. Estes componentes diferentes são chamados de radicais ou de grupamentos laterais (porque estão "pendurados" no pedaço comum a todos). Alguns desses aminoácidos podem apresentar cargas negativas, outros apresentam cargas positivas, enquanto outros não apresentam carga alguma. Existem ainda aminoácidos

que, de modo parecido com a água, apresentam polos, embora não apresentem cargas.

Mas o que é comum a todas as proteínas? Certamente não é o tamanho, pois existem desde aquelas formadas por poucos aminoácidos (51) como a insulina (um hormônio), passando por outras compostas de centenas deles, como é o caso da hemoglobina (576) até outras muito maiores e mais pesadas, com até 8.500 aminoácidos.

Atividade 2

Sabendo que existem 20 tipos diferentes de aminoácidos, calcule quantas "proteínas" diferentes compostas por 6 aminoácidos podem ser formadas. É possível repetir o cálculo para proteínas com 50 aminoácidos? Dica: pense na ideia das letras e palavras.

Como você deve ter notado, com apenas vinte tipos de aminoácidos podem ser formadas praticamente infinitas proteínas diferentes, já que o número de aminoácidos pode ir desde uns poucos até milhares. Mais uma vez a analogia das palavras pode ajudá-lo a compreender melhor esse conceito. Só que, no caso, o tamanho das palavras (proteínas) é quase ilimitado (claro, ninguém precisa pronunciá-las…). No entanto, embora pudessem existir bilhões ou mesmo trilhões de proteínas com centenas de aminoácidos, o fato é que apenas uns poucos milhares delas realmente existem. Existem sim, milhões, bilhões ou trilhões de cópias de uma mesma proteína em um organismo. Ou seja, existe um pequeno número de tipos de proteínas, mas cada um desses tipos é produzido aos milhões pelo organismo. Isso certamente indica que as proteínas não se formam de modo desordenado (ao acaso) nas células, com os aminoácidos se ligando aleatoriamente entre si. Afinal, se as proteínas se formassem ao acaso, existiriam muito mais tipos de proteínas, e muito menos cópias de cada uma delas. Esse controle da síntese de proteínas é exercido pelo DNA, como veremos mais adiante.

Voltemos agora à estrutura dos aminoácidos. É através da porção comum a todos eles que os aminoácidos se ligam formando proteínas. Esta ligação é controlada por mecanismos complexos da célula, que veremos mais tarde, mas segue um mesmo esquema geral: um oxigênio e um hidrogênio ligados (O-H) são removidos da porção comum de um aminoácido, enquanto um Hidrogênio é removido de outro. Em seguida o C do aminoácido que perdeu O-H se liga ao N do outro, que perdeu o H. A ligação assim formada é denominada de ligação peptídica. Essa reação se chama desidratação, porque gera uma molécula de água como um dos produtos. Na quebra de uma molécula de proteína, por sua vez, uma molécula de água é consumida, e o resultado final é a separação de dois aminoácidos, com o "uso" do -OH da água que se liga ao C de um aminoácido e do H que se liga ao N do outro. É fundamentalmente o contrário da reação de desidratação: esta nova reação é chamada de hidrólise: uma quebra (lise) que consome água (hidro).

As porções comuns dos aminoácidos são importantes porque é através delas que eles se ligam entre si. As partes diferentes, os radicais, são tão importantes quanto as porções comuns. Vejamos o porquê. Para simplificar, usaremos uma representação esquemática dos aminoácidos, do tipo mostrado na figura 14.2.

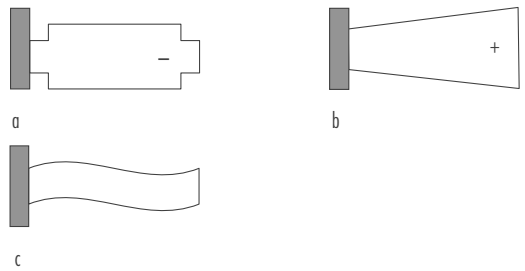


Figura 14.2: Esquema da representação de aminoácidos. As porções escuras representam as partes comuns a todos, e as claras os grupos laterais (radicais) que podem ser carregadas negativamente (a), positivamente (b) ou apolares (c), além de polares, mas sem cargas (lembre-se da molécula de água)

Os radicais, na verdade, são responsáveis pelas principais características das proteínas. Isto porque, por serem compostos de átomos diferentes organizados de maneiras diferentes, cada radical tem propriedades químicas diferentes. Assim, em uma mesma proteína, alguns radicais têm carga positiva, outros têm cargas negativas e outros não têm carga alguma. Qual a importância dessa diferença de cargas? Tendo em mente que os aminoácidos estão ligados entre si pelas partes comuns, observe agora a figura 14.3.

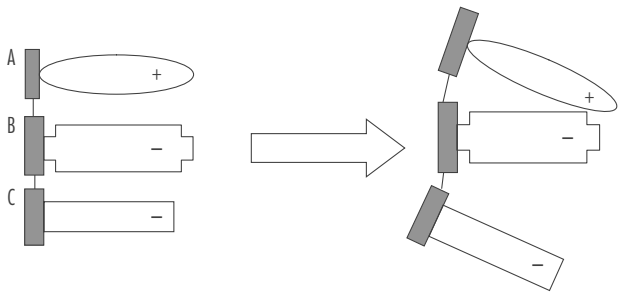


Figura 14.3: As cargas dos radicais dos diferentes aminoácidos interagem, fazendo com que as ligações entre eles se dobrem.

Como é fácil perceber, as cargas opostas dos radicais de aminoácidos próximos (A e B) irão se atrair, enquanto cargas iguais (B e C) irão se repelir. Claro que esse é um modelo bastante simplificado, pois da mesma forma que A atrai B, ele também atrai C. Como C é repelido por B, sua posição será determinada pelas duas interações (atração por A e repulsão por C). Cada aminoácido, portanto, interage com vários outros, e não apenas com aqueles aos quais está ligado. Essas interações fazem com que as moléculas de proteínas se dobrem e enrolem.

Agora, vale a pena lembrar que as proteínas são, em geral, constituídas por dezenas, centenas, ou mesmo milhares de aminoácidos ligados uns aos outros. Por isso mesmo são dezenas, centenas ou milhares de interações entre aminoácidos determinando a maneira como uma dada proteína deve se enrolar para "satisfazer" a todas as atrações e repulsões presentes.

Atividade 3

Imagine agora que as letras abaixo representem as sequências de aminoácidos de duas proteínas.

A-B-B-C-D-E-A-A-F-G A-F-B-C-E-D-A-A-B-G

Os aminoácidos que as compõem são os mesmos? As duas deverão se enrolar da mesma forma? Por quê?

Há um outro fator importante que determina a maneira como uma proteína se dobra e enrola. Para entender esse segundo fator, devemos nos lembrar que as proteínas são moléculas características dos seres vivos, e que os seres vivos são compostos principalmente de água. É correto afirmar, portanto, que as proteínas existem quase sempre em ambientes onde existe também uma grande quantidade de água.

Como vimos no capítulo 11, a água é uma molécula polar. E, como acabamos de ver, os radicais de diversos aminoácidos possuem cargas e vários outros formam polos. Moléculas carregadas e moléculas polares, por sua vez, são solúveis em água, ou hidrofílicas. Muitos aminoácidos, no entanto, possuem radicais apolares e sem cargas, ou seja, hidrofóbicos. Assim as proteínas podem ser vistas como longas correntes, nas quais alguns elos (aminoácidos) deveriam se dissolver em água, enquanto outros tenderiam a se juntar entre si e separar-se dela. No entanto, os aminoácidos de uma proteína estão presos uns aos outros. Essas diferenças de solubilidade entre os aminoácidos geram mais um "jogo de empurra", no qual os aminoácidos hidrofóbicos tendem a se aproximar entre si e se afastar da água, enquanto os hidrofílicos interagem com os polos das moléculas água. Também em consequência desse "jogo de empurra", a proteína se dobra e enrola, de modo que os aminoácidos hidrofóbicos fiquem o mais possível protegidos da água, sendo envolvidos pelos aminoácidos hidrofílicos.

A forma como uma proteína se dobra depende, portanto, do resultado final dos dois jogos de empurra: o das interações dos aminoácidos entre si e dos aminoácidos com a água. E essas interações, por sua vez, são determinadas pela sequência dos aminoácidos na proteína. A sequência com que os aminoácidos se organizam em uma proteína é denominada de estrutura primária daquela proteína. As maneiras como as proteínas se enrolam são denominadas de estruturas secundária, terciária e quaternária. Mas, no nosso caso, usaremos apenas a expressão estrutura primária, deixando de lado os detalhes sobre as estruturas.

Atividade 4

Assinale dentre as opções abaixo aquela que contém somente pares de proteínas com a mesma sequência primária:

(A) A-B-B-C-D-E-A-A-F e A-F-B-C-E-D-A-A-B
(B) A-B-C-D-E-A-F-G e A-B-C-D-E-A-F-G
(C) A-B-C-D-E-F-G e A-B-C-F-D-E
(D) A-A-A-A-B-C-D e B-C-D-A-A-A-A

Naturalmente, duas proteínas com a mesma sequência primária se dobrarão exatamente da mesma maneira. Na verdade, duas proteínas com a mesma sequência primária são duas cópias de um mesmo tipo de proteínas. Podemos dizer, de modo mais simples que são duas proteínas iguais. Duas moléculas de insulina, por exemplo, têm exatamente os mesmo aminoácidos, ligados na mesma sequência. Finalmente, a maneira como uma dada proteína se dobra em condições fisiológicas é conhecida como sua conformação nativa. Todas as proteínas de um mesmo tipo possuem a mesma conformação nativa. Ou seja, todas as moléculas de insulina se dobram e se enrolam do mesmo modo e, por isso mesmo, têm a mesma conformação nativa.

Atividade 5

Explique porque duas proteínas com a mesma sequência primária possuem exatamente a mesma conformação nativa.

A conformação das proteínas depende do meio em que elas se encontram

Quando nos referimos às condições fisiológicas na frase acima, estávamos nos referindo às condições em que cada proteína é produzida nos diversos tecidos, órgãos ou células. Ou seja, algumas proteínas são produzidas em "ambientes" muito diferentes de outras. Por exemplo, uma proteína produzida no estômago, como parte do suco gástrico, é lançada em um ambiente extremamente ácido. E será que isso tem alguma importância?

Um dos fatores mais importantes na determinação da forma das proteínas é a acidez de uma solução. Na verdade, o que influencia uma proteína é o pH da solução. Caso ache necessário, reveja o conceito de pH no capítulo 13.

Atividade 6

Vamos retomar agora aquela sequência de três aminoácidos mostrada na figura 14.3 para abordar este ponto. Suponha que uma proteína que contenha aquela sequência de aminoácidos seja colocada em um frasco contendo uma solução bastante ácida. Recorde: uma solução de pH ácido contém elevada concentração de _____. Vamos então representar a nossa sequência de aminoácidos em um ambiente ácido. Observe atentamente a figura 14.5 e reflita: o que deve ocorrer com as cargas dos três aminoácidos? E com conformação da proteína?

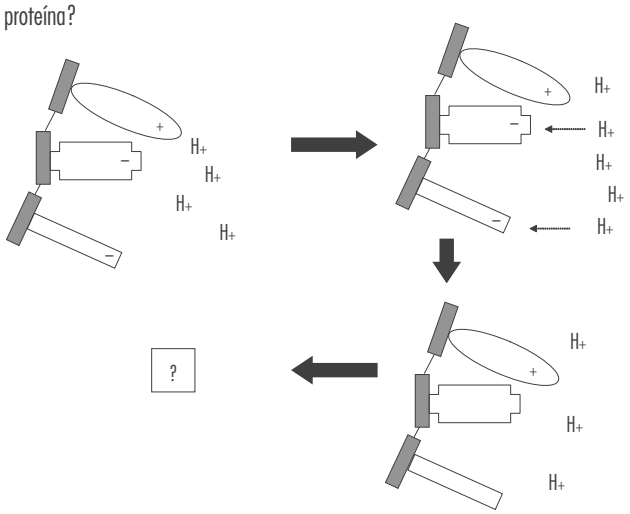
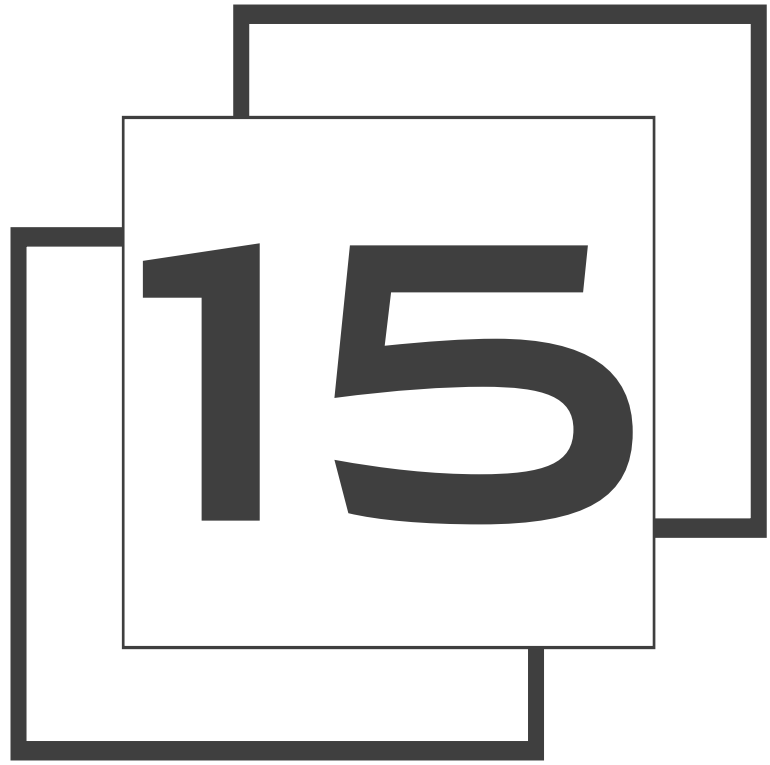


Figura 14.4: O pH é determinante para a conformação das proteínas, já que a maior ou menor concentração de H^+ altera a carga dos radicais dos aminoácidos. Os radicais podem ganhar ou perder H^+, dependendo da concentração desses íons na solução.

A conformação de uma proteína depende também, portanto, das condições do meio em que ela se encontra. Assim, uma proteína do suco gástrico, cujo pH é cerca de 2,0, terá sua conformação alterada se for dissolvida em água (pH = 7,0). De modo semelhante, uma proteína da boca, cujo pH é neutro, terá sua conformação alterada se for dissolvida em suco gástrico.



Proteínas muito especiais: as enzimas

:: Objetivo ::

- *Compreender os fatores que afetam a atividade das enzimas*

As reações químicas

Para estudar uma classe muito especial de proteínas, as enzimas, precisaremos rever o conceito de reação química. De um modo muito simplificado, podemos dizer que uma reação química é transformação de uma ou mais moléculas em outras moléculas diferentes. Por exemplo, o amido de nossos alimentos reage com a água, gerando maltose. As moléculas presentes no início de uma reação química, e que reagirão entre si, são denominados de reagentes. Já as moléculas das substâncias produzidas após a reação são denominadas de produtos. Nas células e nos seres vivos de modo geral, ocorrem milhares de reações químicas simultânea e ininterruptamente.

Esquemas de reações químicas, contendo à esquerda da seta os reagentes e à direita, os produtos:

$A + B \rightarrow C$ $\qquad$ $C + D \rightarrow E + F$

A velocidade das reações químicas é geralmente determinada de duas maneiras. Em ambos os métodos, coloca-se uma quantidade conhecida de reagentes em um frasco. Em seguida são retiradas amostras da solução no frasco, a intervalos de tempo regulares. No primeiro método, determina-se a velocidade de desaparecimento dos reagentes, já que à medida que a reação ocorre, estes vão sendo transformados nos produtos. A outra maneira utilizada, e bem mais comum, é medir a velocidade de aparecimento do(s) produto(s). A velocidade da reação é mais frequentemente expressa como uma razão entre quantidade de produto formado por unidade de tempo (miligramas por minuto, por exemplo).

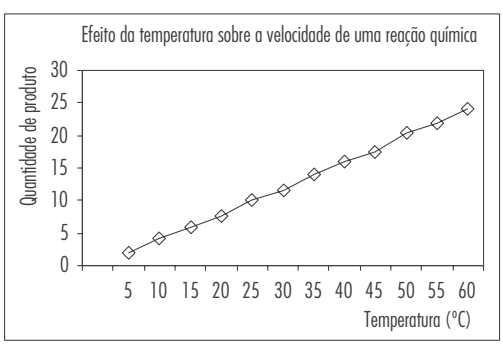
Para que uma reação química ocorra é essencial que as moléculas dos reagentes se encontrem. Esses encontros ocorrem ao acaso, ou seja, não há nada forçando os reagentes (amido e água, por exemplo) a se aproximarem uns dos outros. Alguns fatores, no entanto, podem alterar a velocidade de uma reação química.

Atividade 1

Um dos fatores que afetam a velocidade das reações é a concentração dos reagentes. Quanto maior a concentração dos reagentes, maior a velocidade da reação. Você saberia explicar por quê?

Atividade 2

O gráfico a seguir mostra o efeito da temperatura sobre a velocidade de uma reação química. Analise-o atentamente e proponha uma explicação para as variações da velocidade observadas.



Histórico e definição de enzimas

Com os conceitos básicos relativos às reações químicas em mente, vamos agora retomar o assunto das proteínas, ou, mais especificamente, das enzimas.

O estudo das enzimas iniciou-se no século XIX, com os trabalhos sobre a digestão no estômago e nos intestinos. Estes estudos mostravam que algumas reações químicas ocorriam mais rapidamente no interior dos órgãos digestivos do que fora deles. Foi observado, por exemplo, que o amido era rapidamente transformado em moléculas de maltose, em presença de saliva. Se uma solução de amido for colocada em um tubo contendo água, também ocorre a quebra deste em maltose. Porém, a velocidade com que isso ocorre é muito maior na presença de saliva do que na ausência dela.

Por outro lado, as moléculas de maltose são fragmentos (pedaços) da molécula de amido, e não contêm qualquer átomo ou molécula da saliva. A presença da saliva, portanto, acelera a reação de quebra do amido em maltose. Substâncias que aceleram a velocidade de reações químicas, sem no entanto participarem diretamente delas são denominadas catalisadores. Sabia-se, portanto, que existia um processo de catálise de várias reações químicas nos organismos vivos.

Na segunda metade do século XIX, Louis Pasteur, estudando a fermentação do vinho, demonstrou que o processo dependia de catalisadores presentes em fungos microscópicos (leveduras), que realizavam a sequência de reações químicas que levava à produção de álcool ou seja, a transformação de suco de uva açucarado em vinho. Pasteur deu o nome de "fermentos" aos catalisadores existentes naqueles microrganismos. Ele propôs ainda que a ação dos "fermentos" sobre as reações químicas só poderia ocorrer na presença das leveduras vivas, pois ela não ocorria se as leveduras fossem fervidas.

Mais para o final do século XIX, mais precisamente no ano de 1897, Eduard Buchner conseguiu realizar o processo de fermentação a partir de extratos de leveduras. Um extrato é uma solução obtida a partir de organismos, células ou tecidos rompidos e homogeneizados, e portanto não contém seres vivos, mas sim as substâncias que os compõem. É como se fosse um "suco de leveduras". Um detalhe importante para entender as experiências de Buchner é que ele não ferveu as leveduras ao preparar os extratos, mas apenas rompeu suas células. Com os resultados de Buchner, ficou demonstrado que a catálise não dependia de seres vivos íntegros, mas apenas de substâncias químicas produzidas por eles.

Desde o início do século XX, inúmeras tentativas foram feitas para identificar a natureza química das enzimas. Em 1926, James Summer mostrou que uma proteína extremamente purificada era capaz de agir como uma enzima. No entanto, a maioria dos bioquímicos da época não aceitou seus resultados. Acreditava-se então que as enzimas deveriam ser substâncias pequenas e simples, como eram os catalisadores inorgânicos conhecidos, e não moléculas grandes, formadas por centenas de aminoácidos. Porém, muitas outras demonstrações semelhantes à de Summer foram feitas para outras proteínas.

Por estes e outros motivos tornou-se aceito que as enzimas são proteínas. Porém, sabe-se hoje que muitas enzimas dependem de outras substâncias para funcionar. Estas substâncias são denominadas de coenzimas, e com frequência as vitaminas agem como coenzimas. Como a quase totalidade das reações indispensáveis à vida depende da catálise por enzimas e como muitas enzimas

têm vitaminas como coenzimas, fica fácil compreender porque é importante uma alimentação rica em proteínas e vitaminas.

Determinando a atividade das Enzimas

A atividade de uma enzima é medida através da velocidade com que a reação que ela catalisa ocorre. Em uma reação catalisada por enzimas,

as moléculas iniciais, sobre as quais atuam as enzimas são chamadas de substratos, e aquelas que são produzidas ao final da reação são denominadas produtos.

Atividade 3

Qual(is) o(s) substrato(s) e qual(is) o(s) produto(s) da reação catalisada pela saliva?

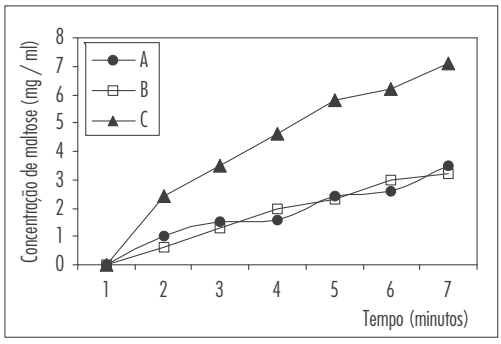
A velocidade das reações enzimáticas é determinada da mesma maneira que a de reações não enzimáticas, ou seja, pelo desaparecimento do substrato ou pelo aparecimento do produto. A velocidade da reação é mais frequentemente expressa como uma razão entre quantidade de produto formado por quantidade de enzima por unidade de tempo (miligramas de produto por miligrama de enzima por minuto, por exemplo), já que se adicionarmos mais enzima em um frasco, a velocidade da reação será maior. Para facilitar, usa-se uma quantidade constante de enzima nos diversos frascos de uma experiência, de modo que a velocidade possa ser expressa simplesmente em unidades de massa por unidade de tempo, como nas reações não enzimáticas.

Atividade 4

A quantidade de produto formada em uma reação deve ser maior, igual ou menor do que a quantidade de substrato consumida? Explique.

Atividade 5

O gráfico a seguir mostra a velocidade de aparecimento de maltose em 3 tubos diferentes (A, B e C) que inicialmente continham somente amido. Em qual dos tubos deve ter sido adicionada saliva? Explique.



Os efeitos de diferentes fatores sobre a atividade da enzima são medidos comparando-se as velocidades da reação nas diversas condições estudadas. Utilizando-se uma mesma quantidade de enzima, altera-se uma condição experimental de cada vez. Desta forma foi possível estabelecer os fatores que afetam a atividade enzimática e, com base nesses resultados, propor mecanismos para explicar como as enzimas catalisavam as reações químicas.

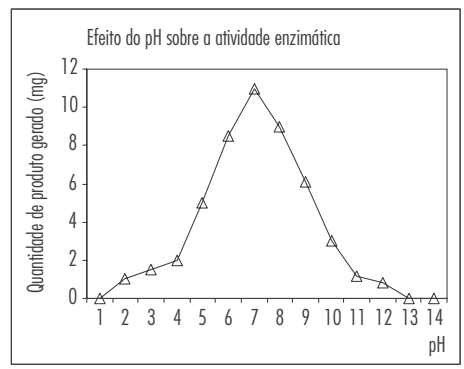
Pode-se, por exemplo, avaliar o efeito do pH sobre a atividade enzimática. Isso pode ser feito preparando-se vários frascos com soluções que contenham rigorosamente as mesmas quantidades de substrato e de enzima. Em seguida altera-se o pH das soluções em cada um dos frascos, adicionando-se maiores quantidades de um ácido a cada um deles. Em seguida, após um período de tempo (10 minutos, por exemplo) igual para todos os frascos recolhem-se amostras das soluções e mede-se a quantidade de produto gerada naquele tempo.

Atividade 6

O valor do pH do frasco ao qual se adicionou maior quantidade do ácido deve ser maior, menor ou igual ao daquele em que se colocou a menor quantidade de ácido? Explique.

Atividade 7

O gráfico a seguir mostra o efeito de variações de pH sobre a atividade de uma enzima. Analise-o cuidadosamente e procure propor uma explicação para os efeitos observados, com base nos seus conhecimentos sobre proteínas.



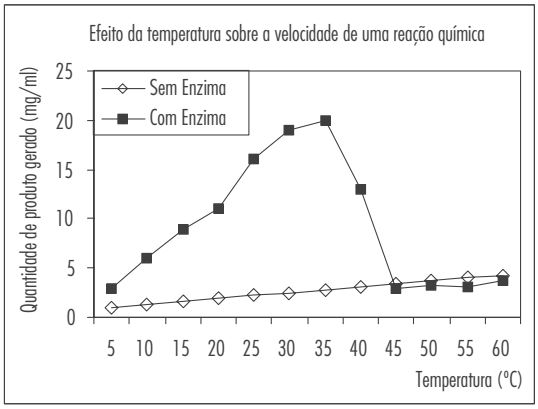
Como vimos anteriormente, as reações químicas são aceleradas pela temperatura.

Atividade 8

O que deve ocorrer com a velocidade de uma reação catalisada por enzimas à medida que a temperatura for aumentando? Explique.

Atividade 9

O gráfico a seguir mostra os efeitos da temperatura sobre a velocidade de uma reação na presença e na ausência da enzima que a catalisa. Analise-o atentamente e responda:



a) Os resultados estão de acordo com sua previsão na questão anterior? Por quê?

b) No caso da reação na presença da enzima, proponha explicações para as variações observadas entre 0°C e 35°C e entre 35°C e 50°C.

Estrutura e mecanismo de ação das enzimas

Até o momento pudemos perceber que tanto a temperatura quanto o pH influenciam fortemente na ação catalítica das enzimas. Isso já nos dá algumas pistas sobre uma característica das enzimas (que são proteínas) que é fundamental para que elas possam funcionar como catalisadores: sua estrutura tridimensional.

Um terceiro fator que afeta a velocidade de uma reação química é a quantidade de reagentes presentes na solução.

Atividade 10

De acordo com o que você sabe de reações químicas, se aumentarmos a concentração (quantidade por unidade de volume) de substrato (reagente) a reação química deverá ser acelerada ou desacelerada? Por quê?

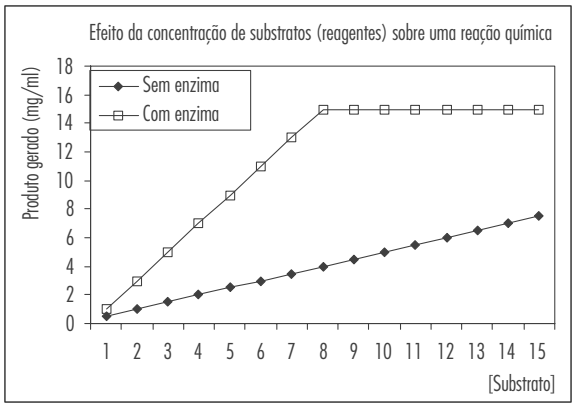
Atividade 11

Você diria que suas respostas à pergunta anterior seriam válidas também para uma reação catalisada por uma enzima? Por quê?

Atividade 12

O gráfico a seguir mostra os efeitos da concentração de reagentes (substratos) sobre a velocidade de uma reação na presença e na ausência da enzima que a catalisa. Analise-o atentamente e responda:

Os resultados estão de acordo com suas respostas às questões anteriores? Por que?



Atividade 13

Proponha explicações para as variações observadas para os dois casos, nos intervalos de concentrações de substrato a seguir.

	1 a 8	8 a 15
Sem Enzima		
Com Enzima		

Para que uma enzima atue, o substrato deve ligar-se à uma região específica da molécula de enzima, o seu sítio ativo. É nesta região que efetivamente ocorre a reação catalisada pela enzima. Este encaixe é fundamental e, se não ocorre ou é prejudicado, a atividade enzimática cai drasticamente. Como se mostrará a seguir, este encaixe pode ser estudado de diversas maneiras.

Diz-se que cada enzima só atua em uma reação química, ou seja, só tem um substrato. Na verdade, porém, se duas moléculas forem muito parecidas, por vezes ambas podem servir de substrato para uma mesma enzima. Para estudar o encaixe enzima-substrato os bioquímicos modificam um pouco o substrato de uma enzima (substituem um H ligado a um Carbono, por um O-H, por exemplo) e em seguida testam se esta modificação afetou a atividade enzimática. Se a atividade da enzima diminuir, então a parte modificada da molécula (do substrato) é importante para manter a conformação da enzima ou até mesmo para a ligação deste substrato ao sítio ativo. Também se pode modificar quimicamente a estrutura dos radicais dos aminoácidos que compõem a enzima, testando a atividade destas enzimas com aminoácidos modificados e comparando-a com a enzima normal. Desta forma, de-

pendendo das alterações observadas nas atividades das enzimas alteradas, pode-se determinar a importância dos diversos aminoácidos na conformação e na atividade da enzima. Estes estudos demonstraram que as cargas dos radicais dos aminoácidos no sítio ativo e próximos dele são muito importantes, contribuindo para que o substrato se ligue à molécula de enzima. O encaixe do substrato no sítio ativo é muito dependente, portanto, das estruturas da enzima e de seu substrato.

Os mecanismos através dos quais as enzimas catalisam as reações químicas são de muitos tipos, mas seus detalhes não são importantes no momento. No entanto, é importante saber que as enzimas catalisam reações de diferentes tipos nos organismos. Até porque, na temperatura corporal (e celular) da maioria dos seres vivos as reações acontecem lentamente, em uma velocidade insuficiente para que aquilo a que chamamos de vida possa continuar ocorrendo. Aliás, uma das características da vida é exatamente a ocorrência em ritmo acelerado de reações químicas que supostamente ocorreriam muito lentamente. As enzimas mais conhecidas de todos nós são aquelas que atuam quebrando ligações químicas (na digestão por exemplo), mas existem outras que catalisam todos os tipos de reações químicas desde aquelas que formam ligações químicas entre diferentes moléculas (como as que ligam os aminoácidos durante a formação das proteínas) ou transformando dois substratos em dois produtos diferentes (ex.: A + B + enzima $\rightarrow$ C + D + enzima). A enzima consta dos dois lados da "equação" porque ela não se altera, ou seja, sua composição química e sua estrutura ao final da reação que catalisam são as mesmas do início. A partir disto, aliás, já é possível perceber que uma mesma molécula de enzima pode catalisar o mesmo tipo de reação química várias vezes.

Exercícios

1) Por que, ao estudar a atividade de uma enzima, o pesquisador deve alterar apenas um fator de cada vez e não todos eles? Dê um exemplo que ilustre sua resposta.

2) Um bioquímico modificou os radicais de vários aminoácidos de uma enzima X, para estudar sua atividade (não se preocupe com as técnicas usadas para isso, concentre-se no que será perguntado a seguir). Na tabela abaixo, estão listadas as modificações feitas nos aminoácidos A, B, C, D e E; e as atividades da enzima com cada uma das modificações. Cada enzima modificada foi testada 3 vezes, nas mesmas condições.

Modificação	**Atividade da enzima (velocidade da reação)**		
Enz. X não alterada	5,2 g/min	5,1 g/min	5,0 g/min
A	5,1g/min	5,0 g/min	5,2 g/min
B	0,2 g/min	0,4 g/min	0,3 g/min
C	4,5 g/min	4,4 g/min	4,6 g/min
D	5,2 g/min	5,1 g/min	5,0 g/min
E	4,2 g/min	4,3 g/min	4,1 g/min

a) Qual(is) desta(s) modificação(ões) deve(m) ter alterado a conformação nativa da enzima? Justifique.

b) Entre estas modificações, qual(is) deve(m) ter alterado o sítio ativo da enzima? Justifique.

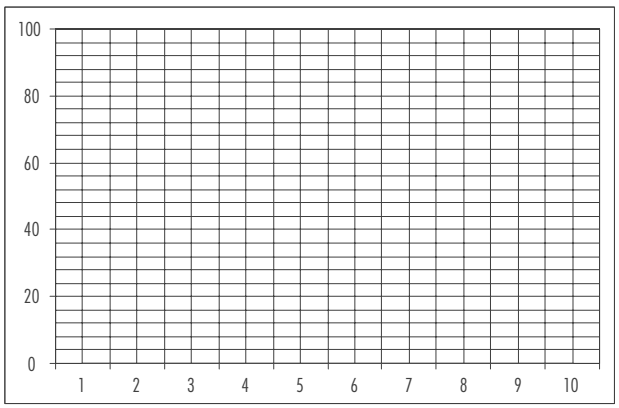
3) Sabendo-se que:

I) A amilase é a enzima que degrada o amido em maltose (e é mesmo).

II) Cada 1 grama de amilase é capaz de degradar 10 g de amido por minuto.

III) Em um frasco foram colocados 100g de amido e 2g de amilase.

Faça o gráfico mostrando a quantidade de substrato e de produto ao longo de 10 (dez) minutos de experiência. Explique resumidamente o que é mostrado em seu gráfico.

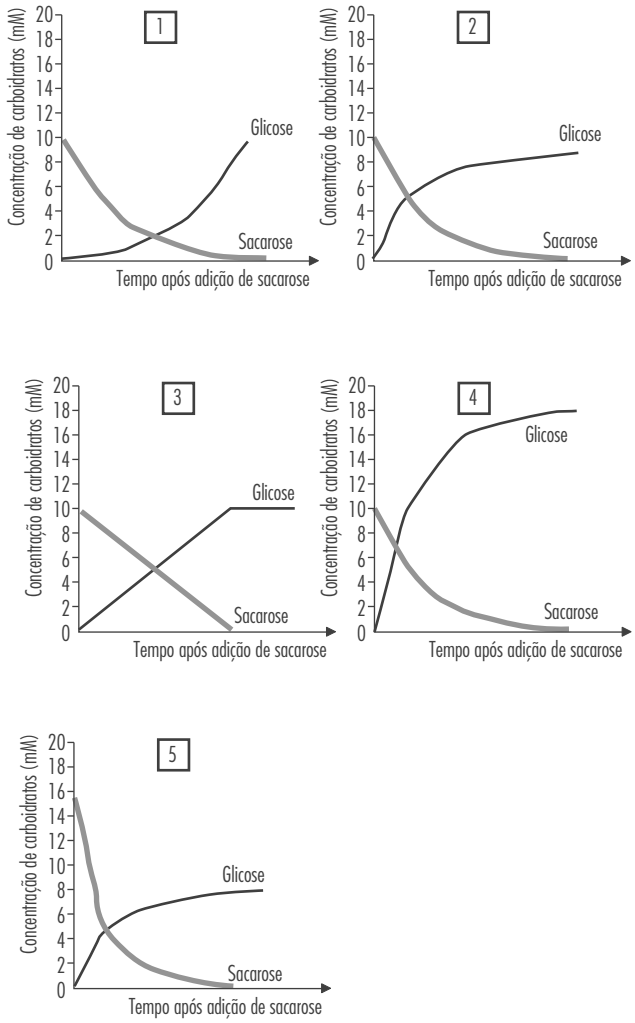


4) Que modificações sofreria o gráfico se no 3º minuto da experiência adicionássemos mais 1g de amilase? Explique.

5) (UERJ / 2003-EQ2) A ptialina é uma enzima digestiva secretada por glândulas salivares. No entanto, muitas pessoas não a produzem e não têm problemas na digestão de alimentos. Isso é explicado porque um dos sucos digestivos contém uma enzima similar. O nome desse suco digestivo e de sua enzima, similar à ptialina, estão indicados em:

(A) salivar – tripsina
(B) entérico – lipase
(C) gástrico – pepsina
(D) pancreático – amilase
(E) entérico – peptidase

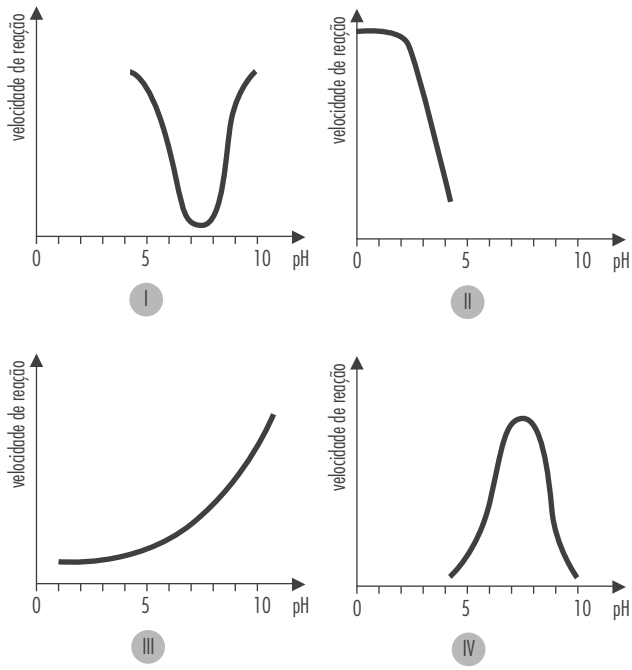
6) (UERJ / 1999-Fase1) A invertase é a enzima que hidrolisa a sacarose em glicose e frutose. Incubou-se, em condições adequadas, essa enzima com sacarose, de tal forma que a concentração inicial, em milimoles por litro, do dissacarídeo fosse de 10mM. Observe os gráficos abaixo:



Aquele que melhor representa a variação das concentrações, em função do tempo de incubação, da sacarose e da glicose, é o de número:

(A) 5
(B) 4
(C) 3
(D) 2
(E) 1

7) (UERJ /2006-EQ2) A sacarose é uma importante fonte de glicídios alimentares. Durante o processo digestivo, sua hidrólise é catalisada pela enzima sacarase ou invertase. Em um laboratório, essa hidrólise foi feita por aquecimento, em presença de HCl (ácido clorírdrico). As variações da velocidade de reação da hidrólise da sacarose em função do pH do meio estão mostradas em dois dos gráficos abaixo.

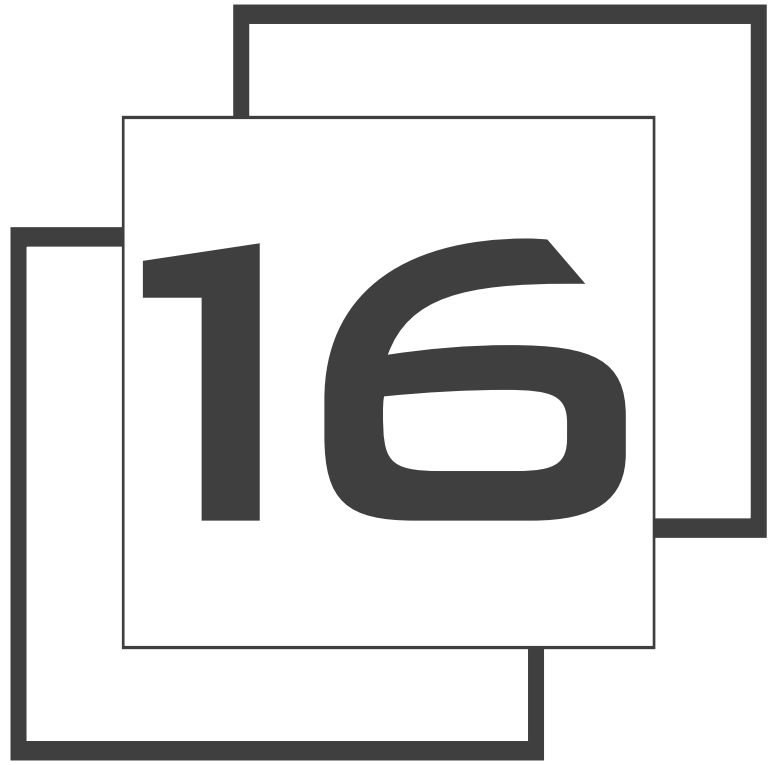


Aqueles que representam a hidrólise catalisada pela enzima e pelo HCl são, respectivamente, os de números:

(A) I e II
(B) I e III
(C) IV e II
(D) IV e III
(E) III e II

8) (COC Enem) Encontra-se à venda em supermercados um produto industrializado destinado a tratar as carnes ditas "de segunda", de modo a torná-las mais macias e fáceis de consumir. O "leite" obtido da casca de mamão verde,(um líquido esbranquiçado) também serve à mesma finalidade, se espalhado na carne pouco tempo antes de seu cozimento. Tanto no caso do produto industrializado como no caso do "leite" do mamão, a substância responsável pelo fenômeno é uma enzima digestiva, a papaína, que age sobre certas moléculas presentes na carne, modificando algumas ligações químicas. A que categoria de substâncias, característica dos seres vivos, correspondem respectivamente a papaína e as moléculas da carne sobre as quais ela age?

(A) proteínas e proteínas
(B) proteínas e carboidratos
(C) gorduras e proteínas
(D) proteínas e gorduras
(E) carboidratos e gorduras



Digestão e nutrição

:: Objetivo ::

• Compreender o processo geral da digestão em animais, comparando suas peculiaridades em diferentes grupos de vertebrados.

Introdução

Agora que já conhecemos as principais moléculas que compõem os seres vivos (moléculas orgânicas) e suas propriedades, podemos dar continuidade ao estudo do funcionamento do organismos. No capítulo 3, destacamos a importância dos alimentos para o organismo e algumas de suas funções. Neste capítulo vamos estudar o que acontece quando os alimentos são ingeridos. Dessa forma, compreenderemos como alimentos compostos de diversos nutrientes, alguns deles feitos de moléculas muito grandes e complexas (lembre-se das proteínas), chegam até as células de todos os tecidos, onde são utilizados em suas diferentes funções.

O que acontece com os alimentos que comemos?

Comecemos com um exemplo de nossa realidade. Assim trataremos primeiro da nutrição humana, para depois fazer comparações com as de outros animais. Suponha que você tenha almoçado uma pizza contendo os seguintes ingredientes: molho de tomate, queijo mussarela e milho verde.

Atividade 1

De acordo com o que vimos no capítulo 3 quais devem ser os tipos de nutrientes presentes nesses alimentos?

Atividade 2

Como você observa, um dos nutrientes presentes nessa pizza são as proteínas. De acordo com o que discutimos nos capítulos 3 e 5, que funções desempenham as proteínas no nosso organismo?

Sabemos que nossos músculos, como os de todos os animais, são formados principalmente por proteínas. Seriam essas proteínas as mesmas que ingerimos com a pizza?

As proteínas, como vimos, são moléculas muito grandes, compostas por dezenas, centenas ou milhares de unidades menores (aminoácidos) ligadas entre si. Por serem moléculas tão grandes, as proteínas não conseguem atravessar a membrana da célula. O mesmo acontece com os carboidratos mais complexos. O amido, um tipo de carboidrato presente em todas as massas, também é uma molécula muito grande, formada por centenas de moléculas de glicose, esta, sim, capaz de ser transportada através da membrana da célula. Os lipídeos, por sua vez, são formados por glicerol e ácidos graxos.

Atividade 3

Com base nas informações sobre a composição dos alimentos relacione as duas colunas abaixo:

a – Proteína	( ) glicose
b – Carboidrato	( ) ácidos graxos
c – Lipídeos	( ) aminoácidos

Atividade 4

Considerando a composição dos alimentos presentes na pizza, o que deve acontecer com eles, após serem ingeridos, para que possam ser utilizadas pelas células?

Durante muito tempo os fenômenos que ocorrem durante a digestão se mantiveram praticamente desconhecidos. Mais uma vez, uma mistura de acaso, curiosidade e experiências simples, mas bem realizadas, lançou luz sobre esse fenômeno.

Algumas das principais observações iniciais que contribuíram para esclarecer o que acontecia com os alimentos após serem ingeridos, foram realizadas por um médico do exército americano, nos anos de 1822 a 1832.

Em 1822, o Dr. Beaumont tratou de um paciente que tinha recebido um tiro na barriga, perdendo parte da parede abdominal e do estômago. Naquela época ainda não havia cirurgia abdominal e o Dr. Beaumont fez o melhor que pode para salvar o paciente, Alexis Saint Martin. Apesar de seus esforços e cuidados, ele não conseguiu fechar completamente o ferimento de seu paciente. Por isso, embora tenha sobrevivido ao acidente, Alexis ficou com um buraco na barriga que dava acesso ao interior de seu estômago. Após se alimentar, ele precisava usar um tampão de gaze que evitava que o alimento ingerido escapasse pela abertura.

O Dr. Beaumont então convenceu seu paciente a permanecer sob seus cuidados por mais algum tempo. Nesse período, movido por sua curiosidade, o médico iniciou uma série de observações sobre a digestão de diferentes alimentos, comparando o que acontecia dentro e fora do estômago de Alexis. Para isso, o Dr. Beaumont amarrava pedaços de diferentes tipos de alimentos (carne ou vegetal) em um fio de seda e os introduzia pelo buraco no abdome de seu paciente, até que eles chegassem ao interior do estômago de Alexis. Após intervalos de tempo variados, os fios eram puxados e os pedaços de alimento eram observados. Desse modo Beaumont verificou que vegetais eram menos digeríveis (no estômago) do que outros alimentos, como a carne, por exemplo. Também observou que as condições emocionais do paciente interferiam com sua digestão.

Numa outra experiência o Dr. Beamont, após deixar o paciente em jejum por 17 horas, retirou amostras do suco presente em seu estômago e colocou-as em 2 frascos de vidro. Pegou então três pedaços de carne pesando 10 gramas cada, colocou dois deles nos dois frascos contendo suco gástrico e o terceiro pedaço foi amarrado em um fio de seda e introduzido no estômago do paciente. O primeiro frasco foi mantido à temperatura ambiente e o segundo foi mantido em um banho à temperatura de 38°C, igual à temperatura medida no interior do estômago do paciente. Os 3 pedaços de carne foram observados a intervalos de tempo regulares. O Dr. Beaumont verificou que o pedaço colocado no estômago foi completamente digerido em 2 horas, o pedaço colocado no frasco a 38°C se desfez após 10 horas, dando ao líquido do frasco uma aparência pastosa acinzentada, enquanto o pedaço colocado no frasco à temperatura ambiente sofreu muito pouca alteração, mesmo após 12 horas.

Atividade 5

Você seria capaz de propor uma explicação para os resultados obtidos pelo Dr. Beaumont?

O médico concluiu que a digestão é um processo químico e que o suco gástrico atua como solvente dos alimentos.

Atividade 6

No século XIX ainda não existiam métodos para se analisar a composição do suco gástrico. Porém, a partir dos resultados descritos acima e de seus conhecimentos atuais, identifique o tipo de componente presente no suco gástrico responsável pela digestão do pedaço de carne. Que evidências apoiam sua hipótese?

Os trabalhos posteriores do Dr. Beaumont ajudaram a esclarecer muitos dos eventos que ocorrem durante a digestão humana. A seguir, trataremos diretamente desses eventos, procurando relacioná-los a outros temas da fisiologia dos diversos tipos de animais.

O sistema digestório humano e a digestão dos diferentes componentes dos alimentos

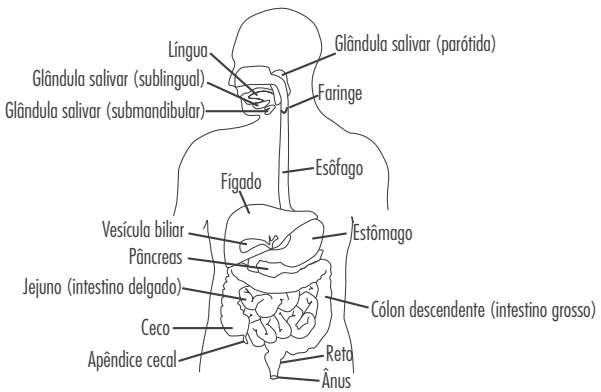


Figura 16.1: Tubo digestivo humano

O sistema digestório dos animais é constituído basicamente por um tubo contínuo por onde o alimento retirado do ambiente passa, sofrendo transformações até ser reduzido a moléculas menores, que podem ser assimiladas pelas células. No homem, bem como em todos os vertebrados, esse tubo apresenta várias regiões diferenciadas e especializadas na digestão de cada tipo de alimento. Em certos trechos o tubo pode se dilatar, formando bolsas, em outros, suas paredes se dobram para o interior do tubo, formando uma superfície rugosa. Em todos os casos, porém, o tubo é recoberto por musculatura. Esses músculos são diferentes daqueles que usamos para mover nossos membros, já que se contraem espontaneamente e independentemente de nosso controle consciente. O coração também é composto de músculo involutário, mas de um tipo diferente daquele que envolve o tubo digestório.

A boca é a primeira região na qual o alimento começa a ser digerido. Os dentes cortam e trituram os alimentos, reduzindo-os a pedaços pequenos que são misturados à saliva. A saliva é formada por água, sais minerais, muco e uma enzima chamada amilase salivar, que inicia a quebra das moléculas de amido em moléculas menores. Por ser uma enzima, a amilase salivar depende da temperatura e do grau de acidez para agir sobre o amido.

Antes de prosseguir na leitura responda:

Atividade 7

Por que a temperatura e o grau de acidez afetam o funcionamento das enzimas?

Na boca a temperatura é de cerca de 37ºC e o pH (medida do grau de acidez) é neutro, condições ideais para a atuação da enzima amilase salivar que transforma as moléculas de amido em maltose. Procure lembrar: qual o valor de pH que é considerado neutro?

Depois de mastigado e misturado à saliva, o alimento é empurrado pela língua para a faringe e passa em seguida para o esôfago até chegar ao estômago. Nesse caminho o alimento é empurrado por uma série de contrações da musculatura do esôfago chamadas de movimentos peristálticos.

Chegando ao estômago o alimento se mistura ao suco gástrico também por ação dos movimentos peristálticos. O suco gástrico contém água, enzimas e ácido clorídrico. Todas essas substâncias são produzidas em glândulas existentes na parede do estômago. A principal enzima produzida no estômago é a pepsina que atua sobre moléculas de proteína. A pepsina é liberada no interior do estômago em forma inativa, chamada de pepsinogênio, que se torna ativo ao entrar em contato com o ácido clorídrico. O ácido clorídrico mantém o pH do estômago baixo, permitindo a atuação da pepsina e inibindo a proliferação de bactérias. Ou seja, ao contrário do que se costuma afirmar popularmente, o ácido presente no estômago não digere os alimentos, mas contribui para criar condições em que ele possa ser digerido.

O estômago apresenta duas válvulas, uma na entrada, logo após o esôfago, e outra na saída, entre o estômago e o intestino. Essas duas válvulas permanecem fechadas enquanto o alimento permanece no estômago, de modo que a pepsina do suco gástrico possa atuar sobre as moléculas de proteína transformando-as em cadeias menores com poucos aminoácidos (peptonas). Além disso, as válvulas protegem o esôfago da acidez do suco gástrico. A massa alimentar pode permanecer no estômago por quatro horas ou mais. Quando a válvula que liga o estômago ao intestino se relaxa uma pequena quantidade de alimento altamente acidificada passa para o intestino delgado. A ação do ácido clorídrico na parede do intestino provoca o fechamento da válvula novamente, impedindo que mais alimento passe para o intestino. Quando o ácido é neutralizado no intestino, a válvula se abre

outra vez permitindo que mais um pouco de alimento passe para o intestino. O processo se repete ao longo do tempo, até que o estômago seja esvaziado. O alimento que passa para o intestino segue seu caminho.

No intestino o bolo alimentar se mistura a três sucos: o suco entérico, produzido nas glândulas do próprio intestino, o suco pancreático, produzido pelo pâncreas e a bile, produzida pelo fígado. O suco entérico é formado por água, sais e contém enzimas que atuam sobre a maltose, a sacarose e a lactose, quebrando-as em monossacarídeos, como a glicose.

O pâncreas e o fígado são órgãos independentes do tubo digestivo. Os dois apresentam canais ligando-os ao duodeno, primeira parte do intestino, por onde são lançados o suco pancreático e a bile.

O suco pancreático contém água, bicarbonato de sódio e enzimas que atuam sobre as proteínas (tripsina), o amido (amilase pancreática) e as gorduras (lipase pancreática). O bicarbonato de sódio presente no suco pancreático neutraliza a acidez do bolo alimentar que vem do estômago, permitindo que as enzimas presentes no intestino atuem. Essas enzimas somente funcionam bem em pH relativamente alto. Do mesmo modo que a pepsina, a tripsina é liberada pelo pâncreas na forma inativa, como tripsinogênio, que em contato com outra enzima do suco intestinal se converte em tripsina ativa.

A bile é produzida pelo fígado e não contém enzimas. Sua ação é semelhante à ação dos detergentes sobre as gorduras, dispersando-as em gotículas muito pequenas e tornando-as mais solúveis em água, o que facilita a atuação das lipases no intestino.

O intestino delgado é a região mais estreita e comprida do tubo digestivo, medindo pouco mais de 6 metros de comprimento por 4 cm de calibre. A digestão dos alimentos iniciada na boca e no estômago é completada no intestino delgado. Ao final da digestão o bolo alimentar contêm moléculas pequenas como ácidos graxos, glicerol, glicose e aminoácidos, que juntamente com as vitaminas e sais minerais, estão prontas para serem utilizadas pelas células. Para isso é preciso que essas moléculas cheguem à corrente sanguínea, que fará seu transporte para todo o corpo.

A parede interna do intestino delgado apresenta milhões de dobras muito pequenas chamadas vilosidades. Essas vilosidades aumentam muito a superfície interna do órgão, proporcionando uma grande área de contato entre as células da parede intestinal e a massa alimentar, contribuindo para alta capacidade de absorção do intestino. Cada uma dessas vilosidades é percorrida por capilares sanguíneos e linfáticos que recebem as moléculas absorvidas pela parede intestinal. Os capilares sanguíneos recebem aminoácidos, glicose, água e sais minerais e os capilares linfáticos recebem água e lipídeos. Os capilares sanguíneos reúnem-se em vasos maiores levando o alimento digerido para o fígado, de onde são distribuídos para todo o corpo via circulação sanguínea. Os capilares linfáticos lançam seu conteúdo diretamente na circulação, sem passar pelo fígado. Após uma refeição, a concentração de glicose, ácidos graxos e aminoácidos no sangue se eleva devido à absorção.

Essas moléculas pequenas são distribuídas pela circulação a todas as células do corpo que as utilizam para produzir energia e construir suas próprias macromoléculas. Uma parte substancial desses nutrientes é utilizada para produzir moléculas consideradas como reservas. As moléculas não consumidas pelas células são armazenadas em órgãos especiais como o fígado e o tecido adiposo. O tecido adiposo acumula grandes quantidades de lipídeos, enquanto o fígado e os músculos utilizam a glicose para produzir glicogênio (um polímero de moléculas de glicose). Após a absorção no intestino delgado, restam no intestino grosso água, muco, fibras de celulose e outras substâncias não aproveitáveis e componentes não digeridos, além de bactérias vivas e mortas. Os resíduos da digestão levam cerca de 9 horas para chegar ao intestino delgado e permanecem aí por até três dias, durante os quais ocorre uma intensa proliferação de bactérias e parte da água e dos sais minerais é absorvida. Com a absorção de água a massa de resíduos se solidifica e transforma-se em fezes.

Muitas das bactérias que proliferam no intestino grosso são extremamente importantes pois produzem vitaminas que são absorvidas pelo organismo. Além disso essas bactérias funcionam também como proteção evitando a proliferação de outras bactérias que poderiam causar doenças.

A digestão em outros animais

A organização básica do tubo digestivo nos mamíferos segue o padrão descrito para o homem. A estrutura de cada região, entretanto pode variar de acordo com os hábitos alimentares de cada espécie, isto é, se ela é herbívora, carnívora ou onívora. De um modo geral, o tubo digestivo dos herbívoros tende a ser mais longo e mais complexo do que o dos carnívoros.

Os mamíferos herbívoros se alimentam exclusivamente de vegetais, que são ricos em fibras constituídas por moléculas de celulose. Esses animais, entretanto, não são capazes de digerir a celulose, pois seu tubo digestivo não produz celulase, enzima responsável pela digestão da celulose. A digestão desse alimento é realizada por microrganismos como bactérias e protozoários que vivem em regiões específicas de seu tubo digestivo. Mesmo entre os herbívoros existem diferenças anatômicas substanciais. Nos ruminantes esses microrganismos estão presentes no estômago que possui quatro compartimentos; já nos não ruminantes esses microrganismos vivem numa região do intestino grosso muito desenvolvida chamada ceco intestinal.

As aves, como aliás também os mamíferos, podem ser herbívoras, carnívoras ou onívoras. As aves herbívoras têm uma região dilatada ao final do esôfago, o papo, onde é armazenado o alimento ingerido. O estômago é dividido em dois compartimentos, o primeiro, chamado proventrículo, produz enzimas e o segundo, a moela, apresenta uma forte musculatura cujos movimentos são capazes de triturar o alimento, facilitando a ação das enzimas. Muitas aves engolem pequenas pedras que auxiliam a trituração do alimento na moela, funcionando como dentes que as aves não possuem.

Exercícios

1) Apenas algumas poucas espécies animais possuem enzimas responsáveis pela degradação da celulose. Esta molécula orgânica no entanto é a mais abundante na natureza e é usada como fonte de energia para a maioria dos animais herbívoros. Explique sucintamente como os animais herbívoros conseguem digerir a celulose.

2) Uma das formas de prevenir o ataque de cupins à madeira consiste no tratamento prévio desta com antibióticos capazes de destruir bactérias e protozoários. Explique o sucesso desta medida.

3) A maioria dos animais (mamíferos e insetos) que se alimenta de madeira ou de folhas precisa digerir celulose. Esses animais não produzem a celulase (enzima que digere a celulose). A celulase é produzida por microrganismos que vivem no tubo digestivo desses animais, beneficiando os microrganismos (que obtêm alimento abundante e proteção) e seus hospedeiros animais (que passam a obter calorias da celulose). Foram isolados três tipos de celulases (A, B e C) das fezes de vacas (colhidas no pasto), tendo sido caracterizadas as propriedades de cada uma delas (gráficos 1 e 2). Sabe-se que a concentração de íons H^+, $[H^{+}]$, é alta no estômago e baixa no intestino de bovinos. Determine qual das três enzimas é produzida pelos microrganismos presentes no estômago e qual é produzida pelos microrganismos presentes no intestino daqueles animais. Explique suas escolhas.

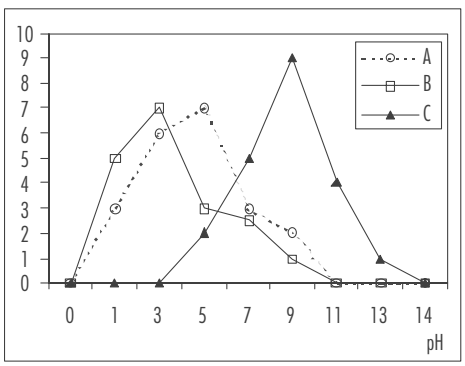


Gráfico 1

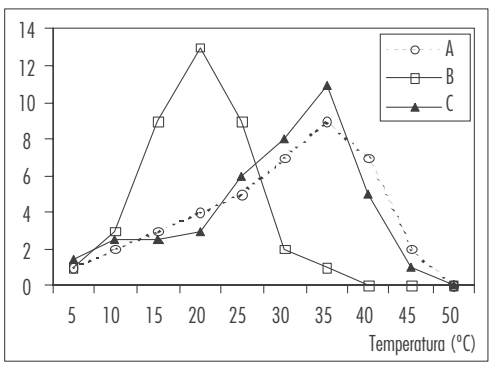


Gráfico 2

4) Uma indústria farmacêutica isolou uma proteína de uma leguminosa que inibe a ação da amilase (enzima que degrada o amido). Com base nestes resultados a indústria fabricou comprimidos contendo essa proteína, alegando que o produto facilitaria o emagrecimento de pessoas obesas. Entretanto, o comprimido não foi aprovado pela ANVISA por ser ineficaz.

Explique por que esses comprimidos não facilitariam o emagrecimento.

5) A tabela a seguir relaciona o peso de polipeptídeos (cadeias de aminoácidos) encontrados nos alimentos antes de serem ingeridos e no bolo alimentar coletado ao longo de vários órgãos do tubo digestivo de um vertebrado.

Antes	550
Boca	550
Estômago	160
Intestino 1ª parte	135
Intestino 2ª parte	110
Intestino 3ª parte	30
Intestino grosso	30
Fezes	30

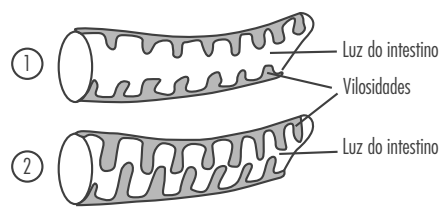
A partir destes dados responda:

a) Em que partes do tubo digestivo ocorre a digestão de proteínas neste animal? Justifique.

b) Em que partes do tubo digestivo ocorre a absorção dos componentes da proteína neste animal? Justifique.

6) À exceção dos raros casos de canibalismo, os seres humanos não ingerem carne de indivíduos de sua própria espécie. De fato, nossa espécie ingere a carne de praticamente todas as outras classes (tanto de vertebrados quanto de invertebrados)de animais existentes. Sabe-se ainda que a carne de animais é um dos alimentos mais ricos em proteínas. Explique como é possível que os seres humanos possuam proteínas humanas em seus tecidos sem jamais as ingerirem.

7) (UFRJ / 2006) A figura 1 a seguir mostra as vilosidades do intestino de uma serpente após um longo período de jejum, enquanto a figura 2 mostra a mesma região minutos após a ingestão de alimentos.



Essa rápida alteração nas vilosidades é causada por um intenso aumento da irrigação sanguínea na porção interna dessas estruturas. Tal mudança após a alimentação é importante para o aumento da eficiência do processo de nutrição das serpentes.

Por que a alteração nas vilosidades contribui para a eficiência da nutrição das serpentes? Justifique sua resposta.

8) (UFRJ / 2000-1) Em recente campanha publicitária divulgada pela televisão, uma pessoa ataca a geladeira, à noite, e pega um pedaço de bolo. Nesse momento, uma criatura representando uma enzima do estômago adverte: você vai se empanturrar e descansar enquanto eu vou ficar trabalhando a noite toda!

Como sabemos, os bolos são feitos basicamente de farinha de trigo, açúcar e manteiga. Indique os órgãos produtores de enzimas digestivas que teriam mais razões para reclamar, se a fisiologia digestiva fosse rigorosamente observada. Justifique sua resposta.

9) (UFRJ / 1999-P2) Uma pessoa só contrai o cólera se ingerir água contendo, no mínimo, 10^8 vibriões, o microrganismo causador dessa doença. No entanto, se uma pessoa beber água contendo bicarbonato de sódio – um antiácido – são necessários apenas 10^4 vibriões para iniciar a doença. Por que ocorre essa diferença?

10) Escreva a função:

a) da bílis (bile)

b) das vilosidades do intestino

c) dos movimentos peristálticos

11) A um pedaço de carne triturada acrescentou-se água, e essa mistura foi igualmente distribuída por seis tubos de ensaio (I a VI). A cada tubo de ensaio, mantido em certo pH, foi adicionada uma enzima digestiva, conforme a lista a seguir.

I. pepsina; pH = 2
II. pepsina; pH = 9
III. ptialina; pH = 2
IV. ptialina; pH = 9
V. tripsina; pH = 2
VI. tripsina; pH = 9

Todos os tubos de ensaio permaneceram durante duas horas em uma estufa a 38°C.

Assinale a alternativa da tabela que indica corretamente a ocorrência (+) ou não (–) de digestão nos tubos I a VI.

	I	II	III	IV	V	VI
(A)	+	–	+	–	+	–
(B)	+	–	–	+	–	–
(C)	+	–	–	–	–	+
(D)	–	+	+	–	–	+
(E)	–	+	–	+	+	–

12) A digestão humana é na maioria das vezes catalisada por enzimas. Essas enzimas podem, muitas vezes, ser estudadas no exterior do corpo humano. Para isso, pode-se colocar diferentes secreções do trato digestório em contato com componentes dos alimentos e analisar o resultado desse contato. Em uma experiência desse tipo pequenos pedaços de batata foram colocados em 5 tubos de ensaio contendo diferentes soluções, com diferentes valores de pH e temperatura. Em quais destes tubos espera-se que, após alguns minutos, seja possível detectar a presença de maltose?

(A) TUBO 1 - contendo solução concentrada de bile, com pH 7,0 e temperatura de 37°C.

(B) TUBO 2 - contendo solução concentrada de suco gástrico, com pH 2,5 e temperatura de 50°C.

(C) TUBO 3 - contendo solução concentrada de suco pancreático, com pH 2,5 e temperatura de 50°C.

(D) TUBO 4 - contendo solução concentrada de saliva, com pH 7,0 e temperatura de 37°C.

(E) TUBO 5 - contendo solução concentrada de bile, com pH 2,5 e temperatura de 50°C.

17

Circulação e respiração humanas

:: Objetivo ::

• Compreender as relações entre circulação e respiração por meio da discussão da anatomia e fisiologia do sistema circulatório.

Introdução

Neste capítulo, começaremos com duas questões de vestibular para você ler e resolver. Não são questões especialmente difíceis, mas também não são fáceis. Dê uma lida, tente resolvê-las, depois prossiga com a leitura.

Dicas simples sobre resolução de questões de Biologia

Use o texto a seguir para responder às atividades 1 e 2.

A figura a seguir mostra a anatomia interna e alguns dos principais vasos sanguíneos associados a um coração. As setas indicam a direção do fluxo sanguíneo. A tabela mostra a pressão sanguínea e as pressões parciais (concentrações) de CO_2 e O_2 em quatro diferentes trechos da circulação.

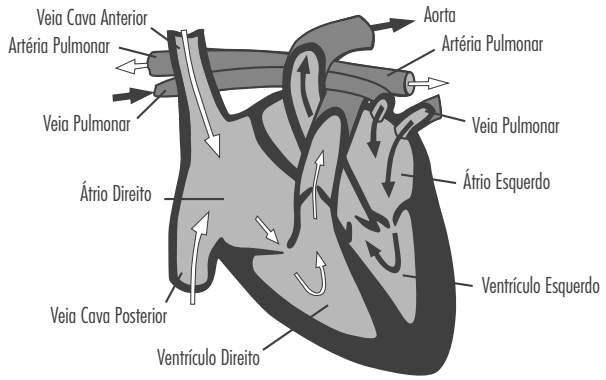


Figura 17.1

Trecho	Pressão Sanguínea*	Pressão Parcial* CO_2	Pressão Parcial* O_2
A	100	40	95
B	16	45	40
C	1	45	40
D	5	40	95

*Todos os valores em mm de Hg.

Atividade 1

A opção que associa de modo correto os trechos da circulação mostrados na tabela e seus nomes é:

(A) A – Aorta, B – Artérias Pulmonares, C – Veias Cavas, D – Veias Pulmonares.

(B) A – Aorta, B – Artérias pulmonares, C – Veias Pulmonares, D – Veias Cavas.

(C) A – Aorta , B – Veias Cavas, C – Veias Pulmonares, D – Artérias Pulmonares.

(D) A – Veias Pulmonares, B – Veias Cavas, C – Aorta, D – Artérias Pulmonares.

(E) A – Veias Pulmonares, B – Aorta, C – Veias Cavas, D – Artérias Pulmonares.

Atividade 2

O coração mostrado tem a estrutura anatômica geral característica de:

(A) Lagartos e galinhas

(B) Peixes ósseos e seres humanos

(C) Rãs e peixes ósseos

(D) Seres humanos e galinhas

(E) Tubarões e galinhas

Como você deve ter notado, a questão parece bastante complexa. É preciso observar e entender o desenho, analisar os dados no quadro e, finalmente, entender o que está sendo perguntado. Esse aspecto inicial das questões muitas vezes assusta o aluno. Não deixe que isso aconteça com você: os conhecimentos necessários para resolver a questão são bastante básicos. Além disso, o próprio enunciado traz muitas informações que, ao contrário do que parece, facilitam a resolução. Vamos ver como.

Primeiro, o nome de todos os componentes do coração estão dados. Logo, você não precisará recorrer à sua memória para lembrá-los. Ou seja, os muitos nomes que estão na questão, na verdade facilitam a sua resolução. Portanto, dica número 1: não se assuste com os nomes. Muitas vezes eles ajudam, em outras eles não têm importância, e, claro, algumas vezes eles dificultam. Pelo menos não se deixe assustar à primeira vista.

Um segundo ponto a respeito da questão são as setas. Você não precisa lembrar o sentido em que o sangue flui em cada parte do coração, simplesmente porque a informação é dada pelas setas. Menos uma coisa para você se lembrar. E a direção do fluxo sanguíneo no coração é uma informação com a qual muitos alunos se confundem. Dica número 2: sempre examine os desenhos com cuidado. Mesmo que você tenha certeza de que já viu a mesma imagem em livros didáticos, às vezes elas têm informações que você vai precisar ou que pode ter esquecido.

A questão tem também uma tabela, com dados com os quais estamos pouco acostumados a trabalhar: pressões parciais de O_2 e CO_2. Mas, se você olhar no enunciado, verá que ele mesmo esclarece esse termo estranho: ao lado da expressão "pressão parcial" está, entre parênteses, o termo "concentração". Isso significa que os dois termos têm o mesmo significado. Como a questão não pergunta a diferença entre as duas, significa que os dois termos, no caso da questão, são sinônimos. E concentração você sabe bem o que é: quantidade de soluto (no caso, de gás) por volume de solvente (no caso, sangue). Dica número três: leia atentamente os enunciados das questões. Muitas vezes eles têm informações que você precisará para responder. Ou seja, em certos vestibulares, o enunciado não é só uma pergunta, ele é também, uma "fonte de informações" (já que ensina alguma coisa que você pode não saber ou não lembrar).

Finalmente, a questão tem uma tabela e um desenho. Portanto, é razoavelmente claro que você vai precisar de informações dos dois para responder. Se você por acaso achar a resposta sem precisar de um deles, desconfie: pode estar esquecendo algum detalhe mostrado na figura ou na tabela. Nesse caso específico talvez você pudesse resolver a questão só com os dados da tabela. Mas isso implicaria em lembrar muitas informações que estão no desenho. E, ao preferir lembrar, em vez de consultar o desenho, há sempre a chance de você se confundir em um ou outro detalhe. Claro, uma boa ideia seria resolver a questão sem usar o desenho e depois conferir se a resposta que você achou "bate" com a do desenho.

Se bater, ótimo, se não, reveja. Dica número 4: não force a memória à toa, se as informações estão no enunciado, use-as.

Ainda sobre o assunto do parágrafo anterior, lembre-se de que se trata de uma questão de múltipla escolha. Normalmente quem elabora questões de múltipla escolha usa "pegadinhas". Ou seja, em geral são colocadas nas alternativas as respostas erradas que parecem certas. Imagine que você resolve uma questão cuja resposta é "8", mas que se você errar em uma conta no meio do caminho encontrará "10". Normalmente tanto o 10 quanto o 8 estarão nas alternativas. Como você acha que fez certo, e o 10 está lá, marca a alternativa e segue em frente. Se o tempo estiver apertado, tudo bem, mas senão, dica número 5: sempre que possível reveja. Não é só porque uma resposta está nas opções que ela está correta. Ou seja, se você fez a questão sem usar o desenho, teste sua resposta no desenho para ver se ela está realmente correta.

Estas dicas são úteis, mas não servem sempre: algumas questões poderão não ter alternativas "pegadinhas", outras terão desenhos sem os quais você poderá responder etc. Usando todos os recursos disponíveis você terá mais chances de acertar. No entanto, uma coisa é certa: raramente é possível acertar uma questão só com o que está escrito no enunciado. É sempre preciso algum conhecimento para responder. E quais os conhecimentos de que precisamos para resolver a primeira questão deste capítulo?

Em resumo, o que é preciso saber é: para onde vai e de onde vem o sangue de cada uma das quatro cavidades do coração. Embora as opções não tenham os nomes de cavidades do coração, elas têm nomes de vasos sanguíneos que estão chegando ou saindo de uma delas. Assim sendo, se você souber de onde o sangue está vindo e para onde está indo, resolverá a questão.

A anatomia do sistema circulatório

De modo simplificado, podemos dizer que os corações de todos os vertebrados têm dois tipos de cavidades: átrios, nos quais o sangue chega vindo de alguma parte da circulação; e ventrículos, nos quais o sangue chega vindo dos átrios e sai de novo para a circulação. A própria palavra "circulação" já é bastante informativa: o sangue circula, ou seja, se move de um lugar para outros, retornando sempre ao lugar de onde começou. E, sendo um percurso circular, não se pode dizer onde ele começa ou termina. É como acontece no caso de certos ônibus, que saem de um ponto final, rodam por ruas e estradas e voltam ao ponto final. Se o ônibus não parasse no ponto final, seria impossível dizer onde começaria ou terminaria seu trajeto. Fica mais fácil entender a circulação sanguínea se escolhermos um ponto qualquer e definirmos como seu começo. No nosso caso, escolheremos o coração como referência.

A circulação é uma das funções vitais cujo funcionamento é mais fácil de compreender. A anatomia (forma e organização) do coração reflete precisamente uma certa lógica que está por trás do funcionamento da circulação sanguínea. Assim, em lugar de lhe dar as informações para que você decore, vamos apresentar um resumo do que é essencial saber sobre a circulação, começando pela circulação humana (que conhecemos melhor: afinal, é a nossa).

No começo do percurso, que escolhemos ser no coração, esse sangue foi impulsionado (bombeado) pelo ventrículo esquerdo. Graças a essa pressão o sangue pode se espalhar por todo o corpo. Então começaremos com o sangue no ventrículo esquerdo. O percurso do sangue a partir daqui será mais fácil de entender se considerarmos as ligações entre circulação e respiração.

Integrar respiração e circulação facilita o entendimento do percurso do sangue nos animais

Como você viu em nosso primeiro capítulo, a circulação integra (liga) todas as outras funções dos organismos. No caso da questão que estamos resolvendo, ela integra as diversas etapas da respiração. E isso vale para todos os animais e não apenas para seres humanos.

O sangue transporta gases e nutrientes para as células de todo o corpo. Os nutrientes são utilizados pelas células para se reproduzir (formar novas células), repor partes "velhas", criar partes novas e, como já vimos, para produzir energia. A produção da maior parte da energia em animais depende também do consumo de oxigênio. Algumas células conseguem produzir energia sem oxigênio, mas muitas não o fazem. Por isso mesmo esse gás é essencial para a vida. Além disso, como veremos em capítulos futuros, a quantidade de energia produzida na ausência de O_2 é muito menor (quase 20 vezes menor) do que aquela produzida em sua presença.

O uso de nutrientes para a produção de energia não só consome (usa) oxigênio como também produz, como resíduo (resto) o gás carbônico (CO_2). Isso significa que as células só sobrevivem se recebem O_2. E ao usarem esse O_2, produzem CO_2. O sangue é única via pela qual as células dos humanos podem receber O_2. É verdade! Mesmo as células do interior de seu nariz recebem O_2 dos vasos sanguíneos que as irrigam e não do ar que respiramos. Curioso, não? Voltemos à circulação.

Ao passar pelas células, o sangue não só perde mais O_2 do que ganha, como ganha mais CO_2 do que perde. Ambas as coisas acontecem por difusão. Então, o sangue se torna mais rico em CO_2 e pobre em O_2 após passar pelas células do organismo.

Voltemos então a acompanhar o sangue em seu percurso. Ele veio do ventrículo esquerdo do coração, circulou por todo o corpo, perdendo O_2 e ganhando CO_2. Naturalmente à medida que o sangue foi se afastando do coração, ele foi passando de vasos maiores, para ramificações que o distribuíam por vasos cada vez menores. Esse processo se repetiu inúmeras vezes, até que o sangue chegasse em vasos realmente muito estreitos, os capilares, onde as trocas de gases, nutrientes e excretas com as células realmente acontecem.

Depois disso, os vasos estreitos vão se juntando em vasos cada vez mais grossos novamente. O esquema geral dessa parte da circulação seria mais ou menos assim:

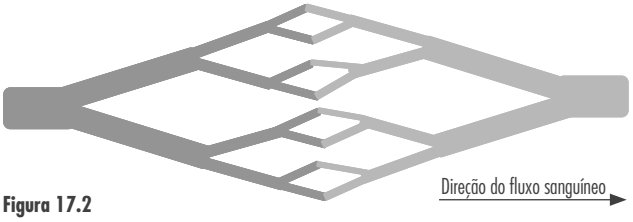


Figura 17.2

Ao se espalhar pelos capilares e outros vasos de todo o corpo, o sangue naturalmente perde pressão, pois depois do bombeamento inicial foi se afastando e se distribuindo por todos os órgãos. Imaginemos agora que esse sangue voltasse para o coração para ser bombeado de novo. Isso tornaria possível que ele recuperasse a pressão, mas esse sangue teria perdido O_2 e ganho muito CO_2. O repetido bombeamento do sangue nestas condições recuperaria a pressão perdida a cada vez que ele percorresse o corpo todo, fazendo com que o sangue circulante tivesse sempre uma pressão elevada, mas cada vez menos O_2 e mais CO_2.

Podemos imaginar que, em algum momento, e em todos os animais, o sangue, depois de circular pelo organismo, tem de passar pelos órgãos respiratórios. Somente assim a concentração de O_2 poderia se elevar novamente e o CO_2 seria expelido. Esse sistema de fato existe, e é bastante eficiente, pois é exatamente o que encontramos nos peixes atuais. Nesses animais, o sangue é bombeado pelo ventrículo, segue em direção às brânquias, onde ocorrem as trocas gasosas e de lá se espalha pelos vasos e capilares de todo o corpo, retornando ao átrio (figura 17.3). O bombeamento sincronizado dessas duas cavidades permite que o átrio se dilate e receba o sangue que chega do corpo, enquanto o ventrículo envia sangue para as brânquias. Em seguida o átrio se contrai e bombeia sangue para o ventrículo. Cada uma dessas cavidades é separada da outra ou dos vasos adjacentes por válvulas, que dificultam o retorno do sangue quando cada uma delas se contrai.

No caso de seres humanos, aves e crocodilos (e jacarés também), o sistema circulatório é diferente. Os corações desses animais têm quatro cavidades (dois átrios e dois ventrículos) e não duas, como os de peixes. Para facilitar a identificação de cada uma dessas cavidades, utilizam-se os nomes, associados ao lado do corpo em que cada uma se encontra, assim, temos: átrio direito, átrio esquerdo, ventrículo direito, ventrículo esquerdo. Retomando o percurso circulatório, nos seres humanos, o sangue que partiu do ventrículo esquerdo, circulou pelo corpo tornando-se pobre em O_2 e rico e CO_2, também retorna ao coração mas, e aqui está uma grande diferença, ele chega ao átrio direito. Ou seja, o sangue é enviado para o corpo a partir do lado esquerdo do coração e retorna ao coração pelo outro lado.

O átrio direito, ao se contrair, envia o sangue para o ventrículo direito, e este, quando se contrai, envia o sangue para os dois pulmões. Isso permite que o sangue chegue aos pulmões com uma pressão mais alta do que a que tinha quando retornou ao coração. Essa pressão, por sua vez, permite que o sangue se distribua pela extensa rede de capilares pulmonares. É nesses capilares que, mais uma vez, ocorrem as trocas gasosas. Só que, nos pulmões, o sangue ganha mais O_2 do que perde, e perde mais CO_2 do que ganha. Ambas as coisas acontecem por difusão. Então, o sangue se torna mais rico em O_2 e pobre em CO_2 após passar pelos pulmões (figura 17.4). Mais uma vez, porém, ao se distribuir pelos capilares extremamente finos dos pulmões, o sangue perde a pressão que havia ganhado do ventrículo direito. Ou seja, agora há um problema diferente do que havia quando o sangue retornou do corpo: a pressão está baixa, embora as concentrações dos gases tenham se invertido (O_2 elevado e CO_2 baixa). O sangue que retorna dos pulmões chega então ao átrio esquerdo. Desse átrio é bombeado para o ventrículo esquerdo. Este se contrai, enviando sangue para o corpo. E o percurso recomeça.

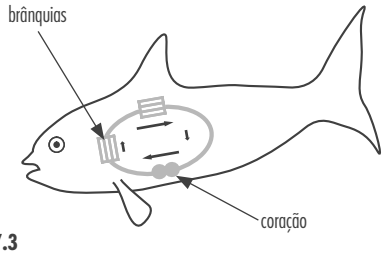


Figura 17.3

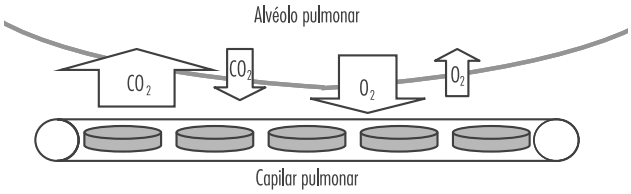


Figura 17.4

Duas circulações em uma

Costuma-se dizer que a circulação dos humanos (e dos outros animais com coração de quatro cavidades) pode ser dividida em duas. Na grande circulação, o sangue é enviado pelo ventrículo esquerdo para um longo e extenso percurso de vasos sanguíneos que irrigam, literalmente, todos os órgãos, tecidos e células do organismo. Após esse percurso o sangue retorna ao coração, mas do outro lado. A partir do ventrículo direito se inicia a pequena circulação, assim denominada porque seu percurso é bem menor do que o anterior, uma vez que o sangue vai apenas até os pulmões retornando em seguida ao coração. A pequena circulação também é chamada de circulação pulmonar: ambos os nomes ajudarão você a se lembrar do percurso do sangue. Já a grande circulação é conhecida como circulação sistêmica, um nome que ajuda menos, mas significa que ela irriga todos os sistemas do corpo, ou simplesmente, todo o corpo.

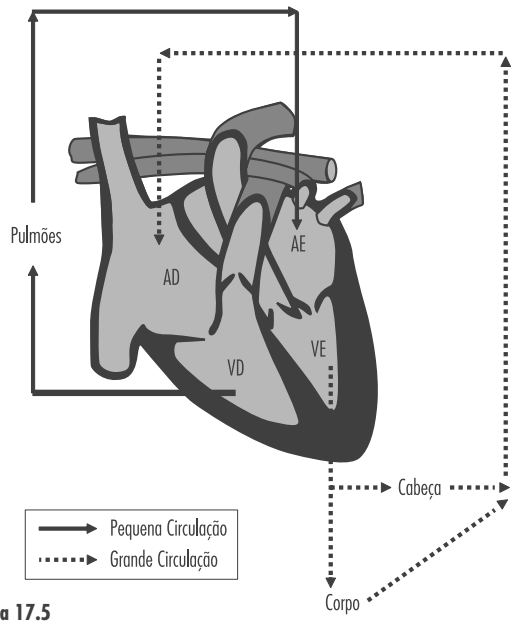


Figura 17.5

Na figura 17.5 mostramos um esquema que resume, com o mínimo de nomes e detalhes, o percurso geral da circulação sanguínea humana. Note que, no desenho, colocamos a grande circulação do lado oposto ao da pequena, mas isso foi feito apenas para evitar que as setas se confundissem, passando uma por cima da outra. Os vasos sanguíneos da grande circulação obviamente irrigam todo o corpo (membros esquerdos e direitos, os dois rins etc). Da mesma maneira, a pequena circulação não está de um lado do corpo apenas, pois as trocas gasosas ocorrem nos dois pulmões.

A figura 17.6 apresenta a integração entre as duas circulações e as trocas gasosas entre sangue-pulmão e sangue-tecidos.

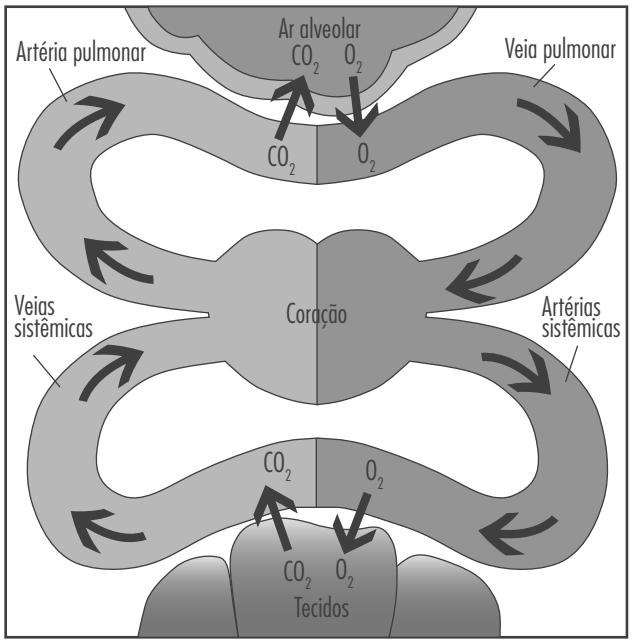


Figura 17.6

Resolvendo a questão

Agora você pode voltar à questão no início do capítulo e resolvê-la. Preste atenção nas dicas. E aqui vai mais uma: nós não tratamos dos nomes de veias e artérias que estão representados na questão. Mas você não precisa sequer sabê-los. Basta pensar nas características do sangue que estão mostradas na tabela e de onde está vindo e para onde está indo o sangue em cada vaso mostrado. Se preferir, resolva antes os exercícios no final deste capítulo. Eles são mais fáceis do que a questão 1 inicial e ajudarão você a se familiarizar com o tema da circulação associado à respiração.

Exercícios

1) O coração é um órgão essencialmente muscular, que bombeia o sangue de modo a conduzí-lo aos diferentes percursos da circulação. Em coração com quatro cavidades, sabe-se que os átrios possuem musculatura menos espessa (forte) do que os ventrículos, e que o ventrículo esquerdo é mais musculoso do que o direito.

Explique a importância dessas diferenças de musculatura.

2) Sabendo que A representa "átrio", V representa ventrículo, E é esquerdo e D é direito, a opção que descreve corretamente a direção do fluxo sanguíneo em corações com quatro cavidades é:

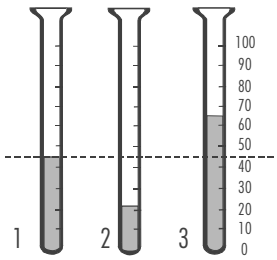
(A) AD-AE-VD-VE
(B) AD-VE-AE-VD
(C) AE-VD-AE-VE
(D) AE-VE-AD-VD
(E) AE-VE-VD-AD

3) Há casos em que seres humanos podem nascer com comunicações entre os ventrículos direito e esquerdo. A gravidade desses casos é muito variada. Em casos leves, os indivíduos, embora tenham pulmões normais, tendem a ter pouco fôlego, a se cansar rapidamente, manifestando frequentemente aquilo que é popularmente chamado de "falta de ar". Explique as causas da falta de ar em indivíduos portadores de comunicação entre ventrículos, mas com pulmões normais.

4) (UFRJ / 2007) O miocárdio (músculo cardíaco) dos mamíferos não entra em contato direto com o sangue contido nas cavidades do coração. Nesses animais, o miocárdio é irrigado por artérias denominadas coronárias. Em muitas doenças cardíacas, ocorre o bloqueio (entupimento) das artérias coronárias, o que pode levar a lesões no miocárdio. Uma abordagem experimental para o tratamento de bloqueios coronarianos, testada com sucesso em animais, consiste em fazer minúsculos furos nas paredes internas do ventrículo esquerdo. Por que esse tratamento é eficaz no caso do ventrículo esquerdo mas não no caso do ventrículo direito?

5) (UFRJ / 2007) A eritropoetina (EPO) é uma proteína cuja atividade principal é estimular a produção de hemácias na medula óssea. A EPO produzida em laboratório tem sido usada pelos médicos no tratamento de certos tipos de anemia. Alguns atletas, no entanto, usam indevidamente a EPO com a finalidade de melhorar seu desempenho esportivo, prática denominada doping biológico. Explique por que a EPO melhora o desempenho dos atletas.

6) (UFRJ / 2005) O hematócrito é a percentagem de sangue que é constituída de células. O hematócrito de três amostras de sangue está ilustrado nos tubos 1, 2 e 3, cujas partes escuras representam as células. As células foram sedimentadas, nos tubos graduados, por meio de centrifugação. A linha tracejada representa o nível do hematócrito de um indivíduo normal, vivendo ao nível do mar. Uma das amostras de sangue foi obtida de um indivíduo normal, que morava há vinte anos numa cidade localizada a 4.500m acima do nível do mar. Qual amostra provém desse indivíduo? Justifique sua resposta.



7) Leia as afirmativas a seguir a respeito da troca de gases nos pulmões de vertebrados:

I – A passagem de oxigênio se dá somente no sentido meio ⟶ sangue.

II – A passagem de gás carbônico se dá tanto no sentido meio ⟶ sangue, quanto no sentido inverso.

III – A passagem de oxigênio se dá somente no sentido sangue ⟶ meio.

IV – Ambos os gases passam tanto no sentido meio ⟶ sangue, quanto no sentido inverso.

Assinale a alternativa correta:

(A) Apenas a opção I é verdadeira.

(B) Apenas a opção II é verdadeira

(C) As opções II e IV são verdadeiras

(D) As opções I, II e IV são corretas

(E) As opções I, II e III são corretas

8) (UFRJ / 2001-1) É muito comum que mulheres apresentem um quadro de anemia durante a gravidez. As mulheres anêmicas queixam-se de cansaço constante, além de uma acentuada "falta de ar". Essa condição em geral pode ser tratada por meio da ingestão de sais de ferro, ou de uma dieta rica em ferro. Explique de que forma a dose extra de ferro alivia os sintomas de falta de ar.

9) (UFRJ / 2000-P2) Atualmente uma das estratégias mais promissoras no combate ao câncer é a injeção de inibidores de angiogênese (formação de vasos sanguíneos) no local do tumor. Considerando as funções do sangue, qual é o princípio dessa estratégia?

10) (UFRJ / 2003-P2) A dificuldade dos fumantes em abandonar o consumo de cigarros tem sido associada a diversos fatores relacionados à dependência induzida pela nicotina. A nicotina inalada atravessa facilmente os alvéolos e atinge o cérebro mais rapidamente do que se fosse injetada por via intravenosa. No cérebro ela atua em áreas associadas às sensações de prazer, levando o fumante à busca da repetição deste estímulo. Esta peculiaridade da nicotina torna o fumante altamente dependente de estímulos frequentes e dificulta a superação da crise de abstinência. Explique por que a nicotina inalada, após atingir a circulação, chega ao cérebro mais rapidamente do que se fosse injetada por via intravenosa.

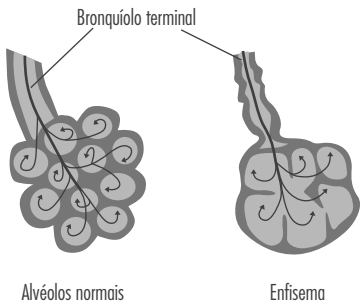
11) (UFRJ / 2001-P2) Os peixes apresentam grande variedade de adaptações a modos de vida diferentes no ambiente marinho. Entre os peixes carnívoros existem aqueles adaptados à captura de presas graças ao nado rápido (grupo 1), e outros que capturam suas presas permanecendo imóveis e dissimulados sobre o substrato em água rasas (grupo 2). Na tabela estão apresentados os valores da proporção (superfície branquial / massa corporal), de quatro espécies de peixes. Admitindo que no ambiente onde vivem essas espécies não existe variação significativa na disponibilidade de oxigênio, determine quais as espécies que pertencem ao grupo 1 e ao grupo 2. Justifique sua resposta.

Espécie	Superfície branquial / Massa corporal
A	2551
B	51
C	127
D	1725

12) (UFRJ / 2004-P2)

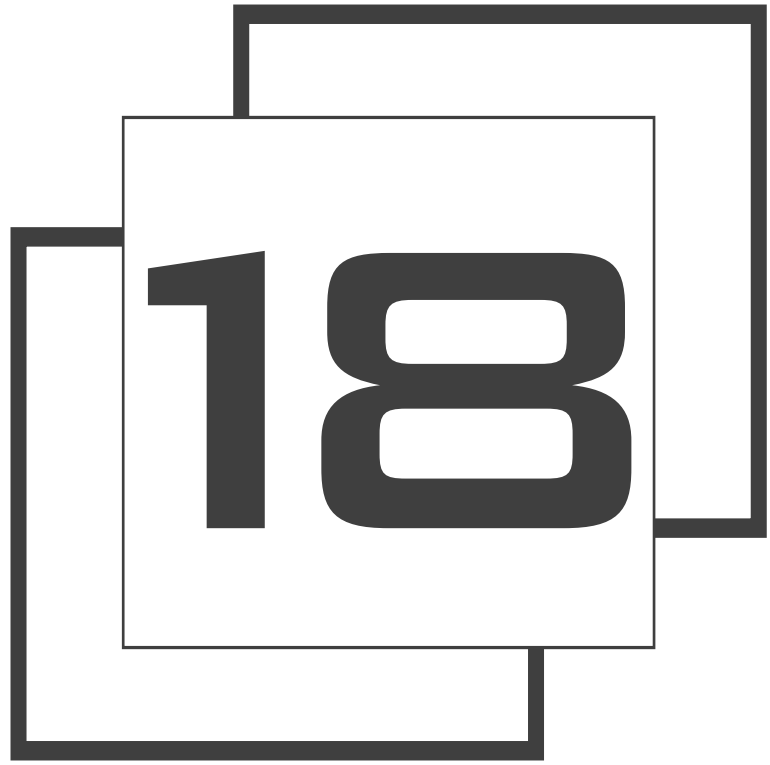
O Ministério da Saúde adverte:
FUMAR PODE CAUSAR CÂNCER DE PULMÃO, BRONQUITE CRÔNICA E ENFISEMA PULMONAR.

Os maços de cigarro fabricados no Brasil exibem advertências como essa. O enfisema é uma condição pulmonar caracterizada pelo aumento permanente e anormal dos espaços aéreos distais do bronquíolo terminal, causando a dilatação dos alvéolos e a destruição da parede entre eles e formando grandes bolsas, como mostram os esquemas a seguir:



Obs.: as setas representam o fluxo do ar.

Explique por que as pessoas portadoras de enfisema pulmonar têm sua eficiência respiratória muito diminuída.



Excreção

:: Objetivo ::

• Comprender os processos gerais pelos quais o organismo humano elimina compostos tóxicos ou em excesso de seus órgãos e tecidos.

Introdução

Como vimos em capítulos anteriores, o sangue é responsável pelo transporte dos gases envolvidos na respiração celular (CO_2 e O_2). Ele é também responsável pela coleta e transporte de resíduos do metabolismo. Entre esses resíduos temos o gás carbônico, mas existem outros igualmente importantes. As proteínas contêm Nitrogênio e Enxofre em suas moléculas. Já os ácidos nucleicos, como o ADN e o RNA têm as bases nitrogenadas entre seus componentes mais abundantes. O metabolismo de proteínas (ou mais exatamente dos aminoácidos) que permite a produção de energia ou sua transformação em outras moléculas, bem como o metabolismo de algumas bases nitrogenadas, têm como um de seus resíduos uma molécula nitrogenada. De maneira geral, esses resíduos (ou excretas) nitrogenados são bastante tóxicos. Os diversos organismos dispõem de sistemas (conjuntos de órgãos que atuam de modo integrado) capazes de eliminar estes resíduos nitrogenados, bem como outros resíduos metabólicos. Esses mesmos órgãos eliminam também moléculas ou íons que não são tóxicos, mas que se encontram em quantidades tão elevadas no sangue que acabam sendo eliminados antes de serem utilizados. Em resumo, os organismos possuem sistemas de órgãos e tecidos capazes de excretar (ou seja, eliminar) compostos tóxicos ou que estão em excesso em suas células ou tecidos. No caso de animais vertebrados (e de muitos invertebrados) esses compostos são transportados pelo sangue (ou outros fluídos circulantes) e eliminados pelos órgãos excretores.

Neste capítulo focalizaremos duas partes importantes do processo de excreção: o tipo de composto nitrogenado excretado pelos diferentes seres vivos e maneira pela qual os compostos são literalmente filtrados do sangue e eliminados.

Os produtos nitrogenados excretados

O tipo de produto nitrogenado excretado pelos diferentes animais é determinado por diversos fatores, mas um dos mais importantes é a solubilidade em água.

Animais aquáticos, incluindo muitas espécies de peixes e a maioria dos invertebrados, excretam principalmente amônia. A amônia é altamente solúvel em água e atravessa a membrana plasmática das células de modo relativamente fácil. Apesar de sua alta solubilidade, um animal precisa usar quase meio litro de água para diluir cada grama de amônia e manter as concentrações de amônia em níveis abaixo dos tóxicos. Fica claro, por isso, que somente animais que respiram na água podem ter a amônia como seu principal produto de excreção de nitrogênio. Esses animais possuem grandes superfícies de troca (permeáveis) com o meio ambiente (água) e por isso perdem a amônia rapidamente. Além disso, para dissolver e eliminar a amônia de seus organismos, eles precisam ter acesso quase infinito à água e poder eliminar grandes volumes dela por dia.

Durante a evolução de animais terrestres, a conservação de água tornou-se uma questão importante. Animais terrestres só conseguem sobreviver porque são capazes de converter a amônia em outros compostos, como a ureia ou o ácido úrico (muitos organismos excretam ambos, em proporções variáveis). Estes compostos podem ser acumulados em fluidos do corpo (como o sangue, por exemplo) em concentrações maiores do que a amônia sem qualquer efeito tóxico. A ureia exige aproximadamente 10 vezes menos água que amônia para excreção, ao passo que o ácido úrico é altamente insolúvel e exige aproximadamente 5 vezes menos água do que a ureia (50 vezes menos água do que a amônia). No caso dos seres humanos e demais mamíferos a principal molécula formada excretada é a ureia, mas o ácido úrico também é produzido e excretado. As aves e invertebrados, embora tenham histórias evolutivas diferentes, produzem ácido úrico como principal produto de excreção. Mas estes últimos possuem sistemas excretores e mecanismos de excreção muito variados, dependendo do filo. Em todos os casos, porém, o produto nitrogenado inicial formado é a amônia, que é metabolizada para gerar outros compostos. Graças ao tipo de metabolismo de amônia que realizam, os animais terrestres podem simultaneamente conservar água e eliminar resíduos nitrogenados.

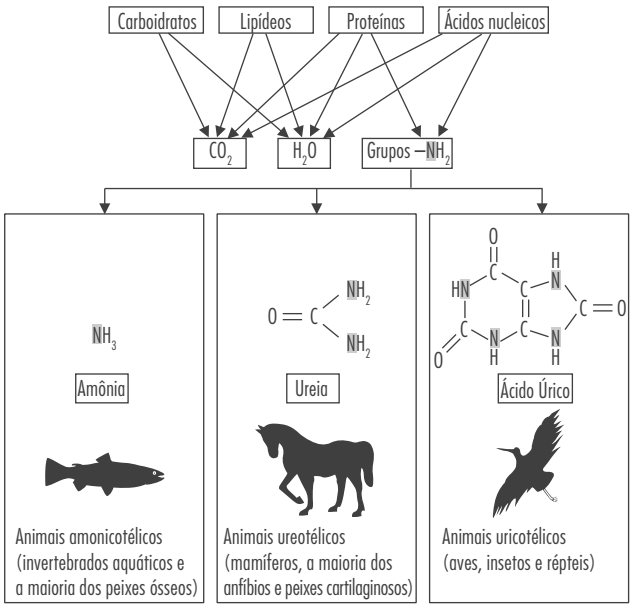


Figura 18.1: Fonte: *Life*: The Science of Biology, Sinauer Associates Inc., W.H. Freeman & Co., 2007. (livremente adaptado)

Porém, como em todas as regras, há exceções importantes. Muitos peixes cartilaginosos acumulam ureia em seus tecidos para outras funções fisiológicas e excretam essa substância. Invertebrados terrestres podem excretar outros compostos nitrogenados além ou em lugar de ureia ou ácido úrico, por meio de mecanismos variados.

A excreção humana

A excreção pode ser definida de modo simples como um processo de filtração. Vários processos de filtração ocorrem em nossa vida diária. Ao fazermos café, a água quente molha o pó de café, dissolve vários de seus componentes e depois passa pelo papel ou pano do filtro. Uma parte das substâncias dissolvidas na água quente passa com ela pelos poros do filtro, outras ficam retidas junto com o que sobra do pó (a borra). O filtro nada mais é do que uma estrutura porosa, que deixa passar a água e partículas muito pequenas, retendo as maiores. Por isso, a filtração da água não elimina organismos que causam doenças, como vírus e bactérias. Estes são eliminados somente pelo tratamento da água ou pela fervura.

Um processo de filtração normalmente envolve a passagem de uma solução através de uma estrutura permeável a algumas substâncias, mas não a outras. De modo geral, esses processos são bastante simples, se comparados com aquele que acontece nos rins de mamíferos e nos demais órgãos excretores dos animais. Neste capítulo focalizaremos especificamente o processo de filtração que ocorre nos rins. Nos rins, o sangue chega rico em excretas, passa por um processo complexo de filtragem e deixa os rins com uma composição muito semelhante à que chegou, exceto pela redução substancial na quantidade de excretas. Vejamos agora como esse processo se dá, de modo bastante simplificado. Em seguida retomaremos algumas partes em detalhes. O processo de filtração nos rins pode ser resumido da seguinte maneira:

1. O sangue chega a uma rede de capilares muito finos no interior dos rins.

2. Cada um desses capilares se dobra muitas vezes e se enrola sobre si mesmo, formando um verdadeiro novelo.

3. Em volta de cada um desses novelos existe uma espécie de bolsa (a Cápsula de Bowman) separada do sangue pelas células dos capilares e pelo epitélio da própria cápsula (veja a figura 18.2).

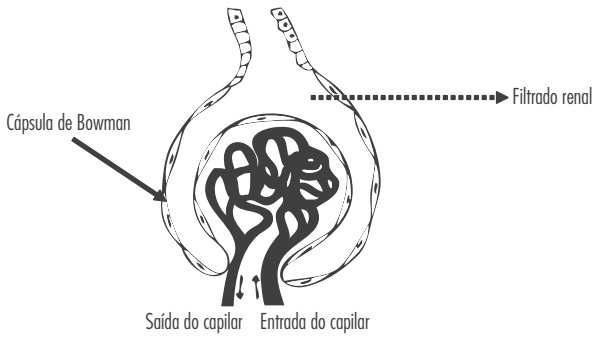


Figura 18.2: Na cápsula de Bowman a maior parte das moléculas pequenas e íons passa do sangue para o filtrado renal. Posteriormente essas substâncias retornarão ao sangue, mas as excretas permanecerão no filtrado, que dará origem à urina.

4. Devido à grande pressão sanguínea nos capilares que entram na cápsula de Bowman, o fluxo de fluído se dá essencialmente no sentido sangue → interior da cápsula. Naturalmente há milhares de cápsulas de Bowman em cada rim.

5. As paredes dos capilares e da cápsula de Bowman permitem que as moléculas pequenas e íons passem dos capilares (e portanto do sangue) para dentro da cápsula, formando um fluído denominado de filtrado renal, ou simplesmente filtrado.

6. H_2O, Glicose, Sódio, Cloro, Fosfatos, Ureia, Ácido úrico, enfim, praticamente todos os componentes do sangue, exceto proteínas e lipídeos, passam para o interior da cápsula de Bowman.

7. O sangue que fica nos capilares se torna muito concentrado em proteínas e o filtrado na cápsula fica rico em todas as outras substâncias.

8. O filtrado percorre então um longo tubo. Tais tubos tem ao seu redor uma rede de capilares sanguíneos. Isso permite a troca de substâncias entre os tubos e os capilares, ou seja, entre o filtrado e o sangue, antes que o sangue deixe a circulação no interior dos rins.

9. As células nas paredes destes tubos realizam intenso transporte ativo, bombeando de volta para o sangue a maior parte das moléculas filtradas. Em um indivíduo normal, por exemplo, toda a glicose filtrada é reabsorvida para o sangue, não havendo, portanto, a presença dessa substância na urina.

10. Como geralmente não existem transportadores nas membranas das células para transportar as excretas nitrogenadas, à medida que o líquido filtrado vai se deslocando ao longo dos tubos (que vão recebendo diferentes nomes dependendo de seu calibre, localização e funções), ele vai se tornando cada vez mais rico em excretas e pobre em nutrientes (que foram "devolvidos" ao sangue ao longo do trajeto).

11. Outras moléculas, como fosfatos, por exemplo, são eliminadas de modo semelhante ao que descrevemos para os excretas nitrogenadas.

12. O sangue deixa os rins e retorna à circulação, com uma composição muito semelhante à que entrou, exceto pelas excretas, que permaneceram no líquido filtrado, que dará origem à urina.

13. O filtrado vai fluindo ao longo de tubos que se juntam formando outros de calibres cada vez maiores. Após o processo de filtragem, o fluido passa a ser chamado de urina. Veja a figura 18.3.

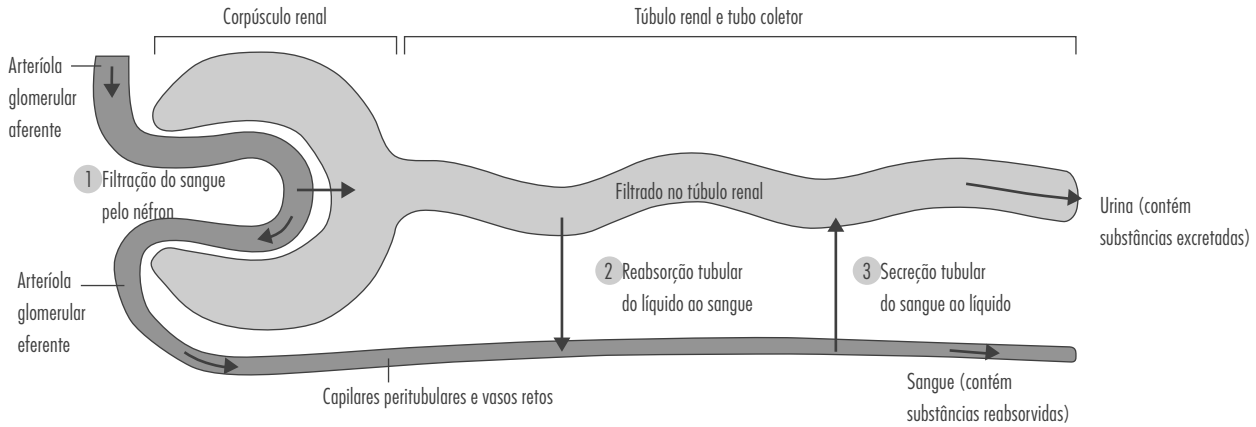

Corpúsculo renal
Túbulo renal e tubo coletor
Arteríola glomerular aferente
1 Filtração do sangue pelo néfron
Filtrado no túbulo renal
Urina (contém substâncias excretadas)
Arteríola glomerular eferente
2 Reabsorção tubular do líquido ao sangue
3 Secreção tubular do sangue ao líquido
Capilares peritubulares e vasos retos
Sangue (contém substâncias reabsorvidas)
1 Filtração glomerular (todos os materiais no sangue, exceto as células sanguíneas e a maioria das proteínas, tornam-se parte do filtrado)
2 Reabsorção tubular (por exemplo, água, glicose, aminoácidos, ureia, Na^+, K^+, Cl^- e HCO_3^-)
3 Secreção tubular (por exemplo, K^+, H^+, ureia e creatinina)

Figura 18.3

Dois detalhes importantes não foram mencionados no resumo acima e serão discutidos agora.

O primeiro deles é que um grande volume de água passa do sangue para o filtrado. A maior parte dessa água precisa ser reabsorvida, ou seja, retornar ao sangue. Apenas para que se tenha uma ideia, os rins humanos de um adulto normal filtram cerca de 1500 litros por dia, mas apenas 1,5 litros de urina são produzidos. Isso mostra duas coisas importantes. Primeiro, que todo o sangue presente no corpo humano é filtrado várias vezes por dia; e, segundo, que a água presente no filtrado retorna ao sangue.

A filtragem da água depende de muitos fatores e da situação fisiológica do indivíduo, mas segue dois princípios básicos: as paredes de tubos que conduzem o filtrado renal pode se tornar mais ou menos permeáveis à água e o organismo pode concentrar mais ou menos sais nas regiões próximas aos tubos. Em condições nas quais o acesso à água é possível e não há maiores problemas com as condições ambientais (como a temperatura e umidade relativa do ar), a urina formada contém muita água e poucos solutos (é por isso chamada de diluída). O processo de formação deste tipo de urina é aproximadamente igual àquele descrito anteriormente.

Quando as condições ambientais impõem restrições à perda de água (em um deserto, por exemplo) a filtração renal se altera, levando a uma intensa reabsorção de água. Essa reabsorção se deve em grande parte à osmose, tipo de transporte de água que será estudado nos próximos capítulos. O organismo concentra grandes quantidades de NaCl e outros sais, e, por vezes, de ureia, nas regiões próximas dos tubos que transportam o líquido formado a partir do filtrado renal. Além disso, trechos destes tubos que normalmente são impermeáveis à água, tornam-se permeáveis a ela devido à ação de hormônios, como o ADH. A elevada concentração de diversos sais associada à maior permeabilidade das paredes dos tubos faz com que a água retorne por osmose para fora dos tubos e, em seguida, para o sangue dos capilares. Isso reduz a perda de água e leva à formação de uma urina mais concentrada (veja a figura 18.4).

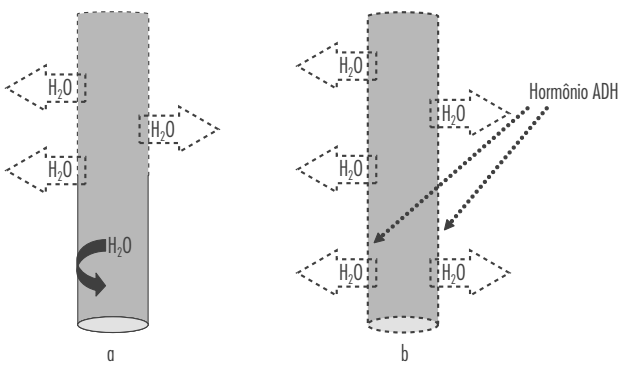


Figura 18.4: Em condições favoráveis, poucos trechos dos tubos são permeáveis à água (a), mas em casos em que a perda de água tem de ser reduzida, sais se acumulam próximos do tubo, cuja permeabilidade à água aumenta (b), levando à sua maior reabsorção.

Após o processo de filtração, os tubos vão se tornando cada vez mais impermeáveis e se unindo em tubos de maior calibre (mais grossos). Esses tubos se juntam, formando ao final os dois ureteres, que finalmente, despejam seu conteúdo na bexiga. Na bexiga não ocorre mais filtração, absorção ou reabsorção de substâncias. Ela é um reservatório, no qual um volume relativamente grande de urina pode se acumular até o momento da micção.

A maior ou menor permeabilidade dos tubos, bem como a concentração de sais e ureia próxima deles é controlada direta ou indiretamente por hormônios Esses hormônios, por sua vez, são produzidos em resposta a variações nas concentrações de Sódio (Na^+) e Potássio (K^+) no sangue. Quando a concentração destes sais está elevada indica que o sangue está muito concentrado, o que, por sua vez, ativa a liberação dos hormônios que levam à menor perda de água. A ação dos hormônios na formação da urina permite ajustar o processo de excreção às condições fisiológicas e ambientais.

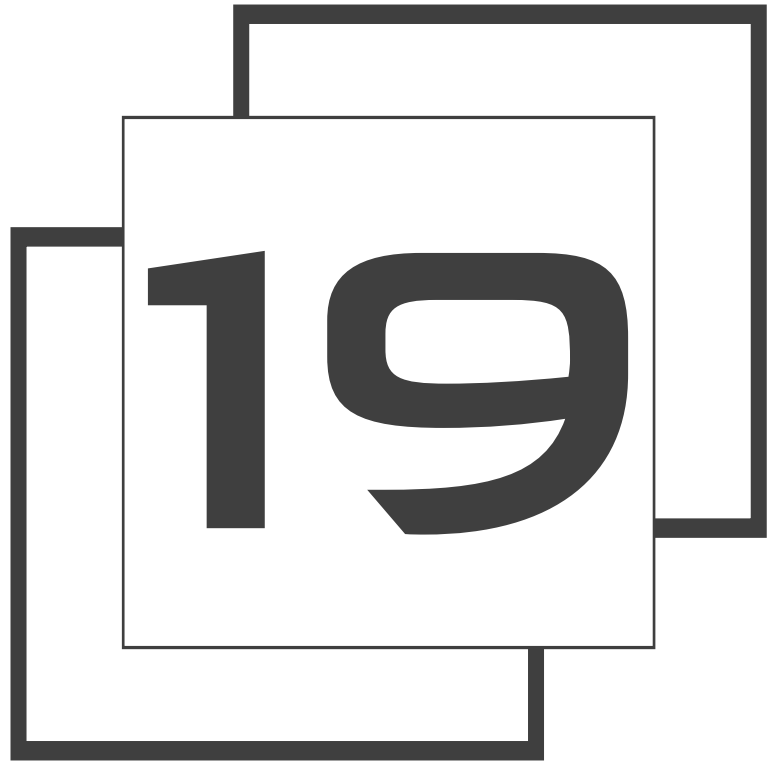
Conclusões

A filtração do sangue e a formação da urina se baseiam em processos de transporte que estudaremos em detalhes mais adiante. Primeiro há a passagem passiva de todos os componentes moleculares pequenos do sangue para um outro compartimento, que depois formará uma sequência de tubos. Ao longo de trechos destes tubos ocorre um intenso transporte ativo de muitos componentes de volta para o sangue. Estes componentes passam pelas paredes dos tubos, ao longo dos quais o filtrado vai sendo modificado. A osmose, por sua vez, é importante na reabsorção de água. A difusão ocorre em alguns momentos, levando à reabsorção de sais ou ao aumento de sua concentração nas regiões próximas dos tubos. A chave para o funcionamento dos rins está, portanto, na maior ou menor permeabilidade dos capilares e dos tubos às diferentes substâncias e na possibilidade dessa permeabilidade ser modificada por hormônios.

Apresentamos aqui os princípios do funcionamento do sistema excretor. A anatomia dos rins é muito complexa e esta complexidade tem papel fundamental no processo de filtração do sangue. No entanto, essa complexidade exige a memorização de muitos nomes de vasos, tubos e estruturas para ser adequadamente compreendida e visualizada. Optamos, por isso, por apresentar os processos sem nos determos nos detalhes da anatomia, ainda que estes sejam muito importantes para a função renal. A anatomia detalhada dos rins pode ser encontrada facilmente na internet ou em livros didáticos (em geral da 2ª série do ensino médio).

Em geral se espera também que sejam memorizados os tipos de excreta produzidos pelos diversos filos animais. Quando os invertebrados são incluídos, a lista se torna extensa e acaba não apresentando inúmeras exceções existentes e de grande importância ecológica. Optamos por não tratar desta lista, que também pode ser encontrada nas fontes mencionadas acima. Relacionar os animais, em especial os vertebrados, aos seus ambientes (aquáticos ou terrestres) em geral já é suficiente para identificar suas principais excretas e resolver diversas questões de vestibular.

No capítulo 24, apresentamos as questões de 12 a 17 que podem ser plenamente resolvidas com as informações apresentadas neste capítulo. Questões do Exame Nacional do Ensino Médio costumam associar temas diferentes.



Os diferentes tipos de reprodução

:: Objetivo ::

• Identificar as principais formas de reprodução dos seres vivos.

Introdução

Compreender as diferentes estratégias reprodutivas dos seres vivos não é uma tarefa fácil. Algumas plantas, por exemplo, são capazes de produzir sementes que podem permanecer inativas por anos até que o ambiente se torne propício à sua germinação. Já os ovíparos (animais que põem ovos), como as galinhas e os jacarés, acumulam em seus ovos os nutrientes necessários ao desenvolvimento de seus filhotes que, sem qualquer ajuda da mãe, devem transformar o conteúdo do ovo em sangue, músculo, osso etc. Já os animais vivíparos, como é o caso dos seres humanos, são totalmente dependentes do contato materno durante toda a gestação para obter os nutrientes necessários ao desenvolvimento. Como se não bastassem as variações de cada espécie, algumas podem ainda possuir mais de um tipo de reprodução, como é o caso das abelhas e do tubarão martelo (como veremos adiante).

Para compreender as causas de tantas variedades na reprodução, temos de nos remeter diretamente à seleção natural. Acredita-se que, ao longo do processo evolutivo, ela vem eliminando as estratégias de reprodução que desfavoreçam, de alguma forma, a sobrevivência dos filhotes, garantindo o aprimoramento daquelas que os beneficiam.

Neste capítulo focalizaremos os mecanismos de reprodução assexuada e sexuada, algumas formas de reprodução dos animais.

Como os seres vivos reproduzem

Para entender esse assunto, precisaremos tratar rapidamente dos processos de divisão celular. As células da maioria dos pluricelulares realizam dois tipos de divisão celular, chamados de Mitose e Meiose. Na mitose (figura 19.1), uma célula se duplica, gerando duas células idênticas. Na meiose (figura 19.2) a célula de divide duas vezes seguidas. Por isso ela gera quatro células, cada uma com metade do material genético (DNA) da célula inicial. Os espermatozoides e óvulos de seres humanos são formados por meiose. Por isso, quando se juntam na fecundação (figura 19.3), geram uma célula com o material genético completo de nossa espécie. Essa célula vai se multiplicar no útero e dará origem a um novo ser humano. Trataremos desses dois processos de divisão celular com detalhes em aulas seguintes.

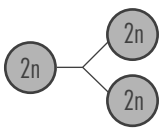


Figura 19.1: Esquema da divisão mitótica: formação de células com o mesmo número de cromossomos da célula original.

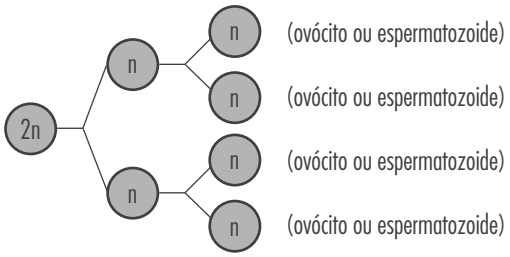


Figura 19.2: Gametogênese: formação dos óvulos e espermatozoides através da meiose.

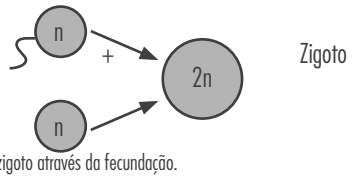


Figura 19.3: Formação do zigoto através da fecundação.

Atividade 1

A falta da necessidade de acasalamento é apontada como a maior vantagem da reprodução assexuada. Dê dois argumentos que expliquem de que forma a ausência do acasalamento pode ser vantajosa para a produção de novos indivíduos.

Atividade 2

Na reprodução assexuada, caso não haja mutação durante a duplicação que precede a divisão, a prole produzida é geneticamente idêntica entre si e aos seus progenitores. O que aconteceria então com uma população de indivíduos gerados a partir da reprodução assexuada, caso um deles contraísse um vírus fatal?

Por enquanto, podemos dizer que a expressão "2n" representa a quantidade de material genético característica de uma célula somática de um indivíduo qualquer (por exemplo, um ser humano) e "n" indica a metade dessa quantidade. Como veremos adiante, n e 2n se referem mais exatamente ao número de cromossomos existentes no núcleo de cada célula.

Existem diferentes formas de reprodução assexuada. Listamos abaixo as mais comuns.

- Divisão Binária: É o método mais primitivo de reprodução, onde novos indivíduos são formados por divisões mitóticas. Ocorre nos protozoários, bactérias, certas algas e fungos. Ex.: ameba (protozoário). Figura 19.4.
- Brotamento: Acontece com a formação de brotos que se desenvolvem a partir de um organismo parental, podendo ou não se destacarem dele posteriormente. Ocorre nas plantas, cnidários (águas-vivas, hidras etc.), esponjas etc. Figura 19.5.
- Regeneração: Nesse tipo de reprodução, um pedaço ou secção do organismo pode originar um novo organismo completo. Ex.: Planária, estrela-do-mar. Figura 19.6.

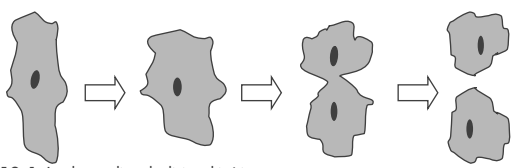


Figura 19.4: Amebas realizando divisão binária.

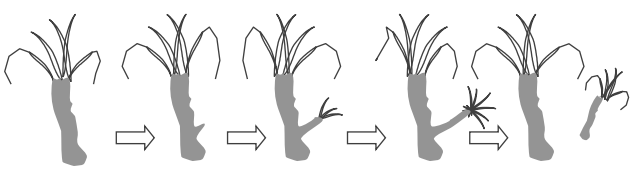


Figura 19.5: Hidras: o broto se destaca do ser original.

Figura 19.6: A planária "estica" seu corpo, partindo-o em dois pedaços e cada um irá originar uma planária completa.

Atividade 3

Considerando os eventos que ocorrem na meiose, bem como a junção dos gametas, aponte uma vantagem para a realização da reprodução sexuada em relação à assexuada.

Fecundação e desenvolvimento do embrião

A fecundação ocorre quando há a penetração do espermatozoide no óvulo. Um dos desafios na reprodução é manter os gametas juntos o tempo suficiente para que a fecundação ocorra. O sistema reprodutor da fêmea garante o aumento da proximidade dos gametas após a cópula, mas o que ocorre com animais que não possuem genitália, como as esponjas e os corais? Como é possível o encontro de seus gametas?

Se seu primeiro pensamento foi que por não ter genitália seria impossível ocorrer a reprodução sexuada, devemos dizer-lhe que essas espécies não só produzem gametas, como estes também se unem na fertilização. Animais aquáticos, em sua maioria aqueles que não possuem muita mobilidade, realizam o processo de fecundação (ou fertilização) externa. Nesse tipo de fecundação os gametas femininos e masculinos são liberados na água e a fecundação ocorre ao acaso. Em alguns casos, como nos sapos, o abraço nupcial aumenta a chance de fecundação pois macho e fêmea lançam seus gametas na água ao mesmo tempo.

Atividade 4

Animais aquáticos, como os peixes, produzem e lançam no ambiente uma grande quantidade de gametas, muito maior do que a quantidade de gametas produzidos por mamíferos, como gatos ou cães. Explique por que mamíferos como os cães e gatos podem produzir poucos gametas e mesmo assim terem sucesso reprodutivo.

Muitos anfíbios, cujos antepassados foram os primeiros vertebrados a viver em ambientes terrestres, realizam a fecundação externa. Por este motivo, apesar de passarem sua vida adulta em ambiente terrestre, eles devem retornar à água para se reproduzir.

Independentemente do tipo de fertilização, os espermatozoides só podem se locomover em um meio aquoso. Por isso, mesmo os animais terrestres, que em sua maioria utilizam a fertilização interna (os gametas se econtram no interior do corpo da fêmea), produzem um líquido, o sêmen, no qual os espermatozoides são liberados no corpo da fêmea.

Os répteis, as aves e os mamíferos, são totalmente independentes da água do ambiente para reprodução. Répteis, aves e um pequeno número de mamíferos alcançaram sucesso na reprodução terrestre através da produção de um ovo com casca, o que permite o desenvolvimento do embrião em um local protegido da desidratação. A maioria dos mamíferos, no entanto, tem todo o seu desenvolvimento embrionário no interior do corpo da mãe o que não só permite proteção contra desidratação, bem como a troca constante de nutrientes, gases e excretas entre mãe e filho. Todos eles, no entanto, possuem adaptações em seus órgãos reprodutores (ou genitais) que facilitam a inserção dos espermatozoides no corpo da fêmea.

Um tipo diferente de reprodução, realizado por algumas espécies de artrópodes, anfíbios e répteis, é a Partenogênese. Nesse tipo de reprodução, ovos não fertilizados podem dar origem a um novo indivíduo, sem que ocorra, portanto, fecundação. Um caso muito conhecido de partenogênese ocorre na reprodução das abelhas, onde machos (zangões) desenvolvem-se a partir de ovos não fertilizados e contem apenas metade do número de cromossomos da espécie. Já as fêmeas (rainhas e operárias) desenvolvem-se de ovos fertilizados, como mostra o esquema abaixo.

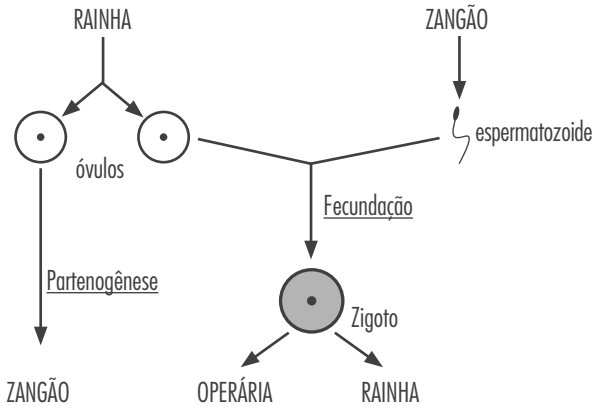


Figura 19.7: Partenogênese nas abelhas. O macho (zangão) é formado a partir de um ovócito não fecundado.

Atividade 5

De acordo com o esquema acima, qual dos indivíduos (zangões, operárias ou abelhas rainhas) terá menor chance de sobrevivência caso ocorra, em uma geração, uma mudança drástica no ambiente? Justifique sua resposta.

Resumo

A reprodução assexuada ocorre sem a participação de gametas.

A reprodução assexuada é mais rápida, e por isso é vantajosa no caso de ocupação rápida do ambiente, como é o caso de bactérias crescendo em um ferimento.

A reprodução assexuada produz filhotes geneticamente idênticos, não gerando variabilidade, o que é desfavorável em ambientes que sofrem transformações.

Formas de reprodução assexuada incluem a divisão binária, o brotamento e a regeneração.

A reprodução sexuada depende da produção de gametas e da fecundação.

A reprodução sexuada é mais lenta e envolve gasto de energia com busca de parceiros, corte e acasalamento.

A reprodução sexuada produz indivíduos geneticamente diferentes, o que aumenta a variabilidade genética, favorecendo a sobrevivência em ambientes que sofrem alterações.

A variabilidade genética na reprodução sexuada é gerada principalmente pela recombinação dos cromossomos durante a meiose, no processo de gametogênese.

A gametogênese, produção de gametas, ocorre nos testículos e ovários sob a influência de diferentes hormônios.

A fertilização pode ocorrer externa ou internamente. A fertilização externa é a forma mais comum de fertilização em animais aquáticos. Já a fertilização interna é necessária nas espécies terrestres.

A produção de um ovo com casca relativamente impermeável é uma importante adaptação para o ambiente terrestre, pois evita a desidratação dos embriões que se desenvolvem fora do corpo da mãe.

Exercícios

1) *Tubarão se reproduziu sem macho em cativeiro, confirma estudo*

Foto: Suneko. Disponível em http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Hammerhead_shark.jpg

O tubarão-martelo fêmea pode se reproduzir sem fazer sexo, confirmaram cientistas. As evidências vieram de um tubarão no zoológico de Henry Doorly, no Estado americano de Nebraska, que deu à luz um filhote em 2001, apesar de não ter tido contato com um macho.

Esse tipo de reprodução, onde a fêmea dá origem ao filhote sem a participação do macho, é chamado de partenogênese.

Os pesquisadores estão preocupados porque se cada vez mais tubarões recorrerem à partenogênese, isto poderá provocar a redução da adaptabilidade desses tubarões.

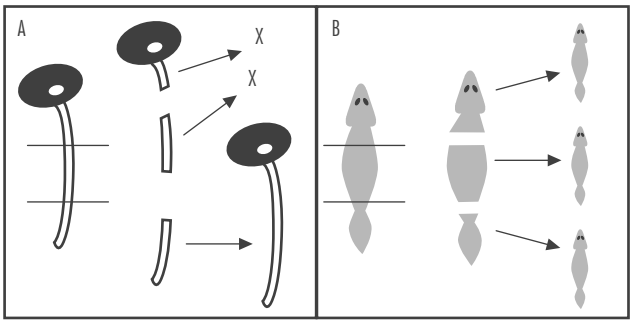
Paulo Prodohl, da Faculdade de Ciências Biológicas da Queen's University e coautor do estudo publicado em Biology Letters, *disse:*

"A preocupação em relação aos tubarões não é apenas por uma possível redução de indivíduos, mas também pela possibilidade de torná-los menos adaptáveis."

Fonte: adaptado de *BBC Brasil,* 23 de maio de 2007.

Explique o motivo da preocupação dos pesquisadores.

2) (UNICAMP / 2004) O processo de regeneração pode ocorrer tanto em organismos unicelulares como pluricelulares, conforme já demonstrado em vários experimentos. O resultado de um desses experimentos pode ser observado na figura A, que mostra a regeneração de apenas um fragmento da alga unicelular *Acetabularia*. A figura B mostra a regeneração de todos os fragmentos de uma planária (platelminto).

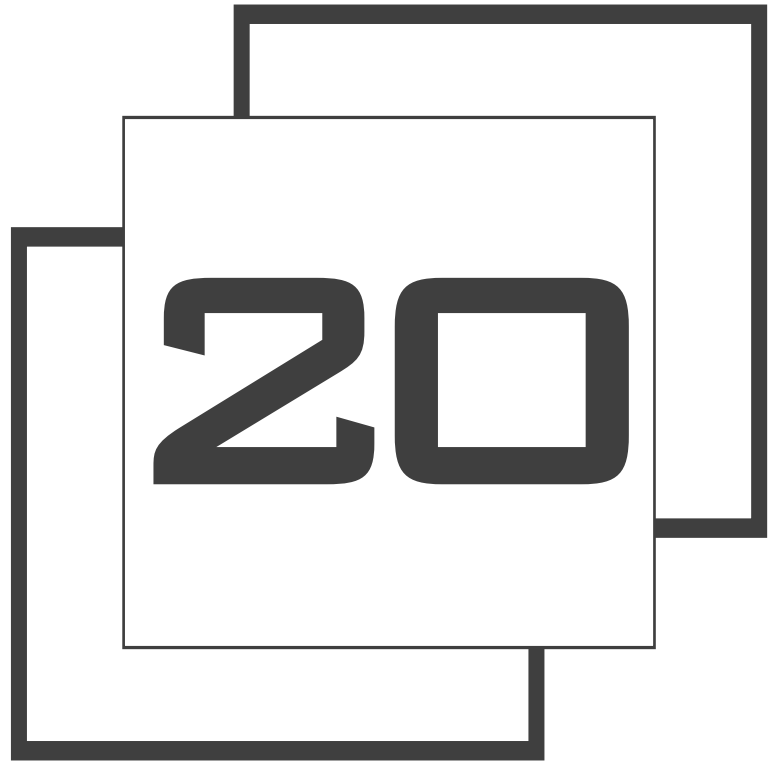


a) Por que no experimento com *Acetabularia* não houve regeneração de todos os segmentos?

b) Explique por que o processo de regeneração das planárias difere daquele que ocorre na *Acetabularia*.

3) (FUVEST / 1989) Se uma abelha operária tem o gene A herdado de seu pai, qual é a probabilidade de que uma sua irmã tenha esse mesmo gene A? Por quê?

4) (FUVEST / 1994) Diversas espécies de seres vivos se reproduzem assexuadamente quando o ambiente é favorável e estável. Quando as condições ambientais se tornam desfavoráveis, esses organismos passam a se reproduzir sexuadamente. Justifique a importância da mudança do tipo de reprodução na sobrevivência dessas espécies.



A REPRODUÇÃO HUMANA

:: Objetivo ::

• Conhecer os sistemas reprodutores masculino e feminino e o controle hormonal da reprodução humana.

A reprodução humana também é um produto transitório do processo evolutivo. Mais complexo do que na maioria dos seres vivos, nosso comportamento reprodutivo é regulado hormonal e emocionalmente e tem sido modificado devido à reestruturação social.

Trataremos nesta aula mais detalhadamente a anatomia, a função e o controle hormonal do sistema reprodutor humano.

A espécie humana realiza reprodução sexuada, com fecundação interna. Nas gônadas masculinas e femininas (testículos e ovários, respectivamente), ocorre a produção dos gametas (gametogênese) e de hormônios.

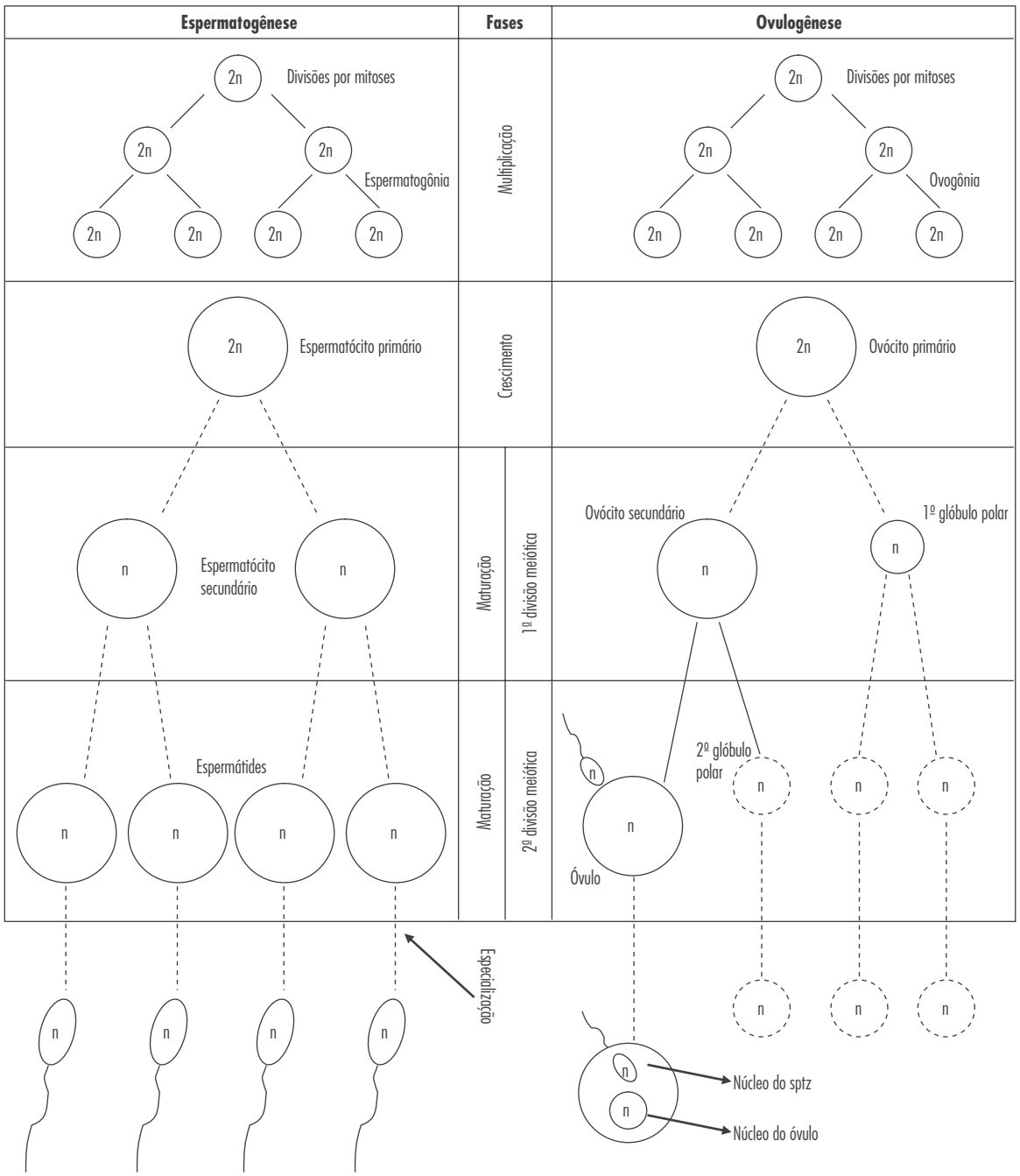


Figura 20.1: Gametogênese humana: produção dos espermatozoides e óvulos.

Na mulher, a gametogênese é iniciada na vida embrionária devido a estímulos dados pelos hormônios maternos. Durante esse período, as ovogônias sofrem sucessivas mitoses e, em seguida, todas as ovogônias crescem e passam a ser chamadas de ovócitos primários (ovócitos I), as quais entram na primeira divisão meiótica que é interrompida no nascimento. Após o nascimento a menina não tem mais contato com os hormônios maternos, e a primeira divisão meiótica permanece interrompida. Portanto, a menina nasce com todos os ovócitos primários prontos, cerca de um milhão em cada ovário. A partir da puberdade, a hipófise da menina começa a produção de dois hormônios, o FSH (folículo estimulante) e LH (luteinizante) que fazem com que, a cada mês, um ovócito I (geralmente)

complete a primeira divisão meiótica iniciada na vida embrionária, formando o ovócito secundário (óvulo) e o 1º glóbulo polar (Figura 20.1).

No homem, a espermatogênese inicia-se durante a puberdade e continua durante toda a vida. A cada dia cerca de 300 milhões de espermatozoides são produzidos. Diferente do que ocorre nas mulheres, que ao nascer não têm mais ovogônias, mas apenas ovócitos que já iniciaram seu processo de divisão meiótica, a produção do gameta masculino inicia-se sempre a partir de uma nova espermatogônia.

Atividade 1

A Síndrome de Down é uma doença causada pela presença de um 21º cromossomo extra, fato esse que decorre geralmente de um erro genético ocorrido durante a formação de gametas. A incidência de Síndrome de Down é estimada entre 1 a cada 1000 nascimentos. A idade da mãe influi no risco de conceber uma criança com Síndrome de Down. Quando a mãe tem mais de 40 anos o risco passa a ser 1 a cada cerca de 100 nascimentos e com idade de 49 anos de 1 a cada 11. Explique por que o risco não depende do aumento da idade paterna.

Sistema reprodutor masculino

Os espermatozoides (gametas masculinos) são formados nos testículos e amadurecem enquanto se deslocam ao longo do sistema reprodutor. Esse processo ocorre no interior dos túbulos seminíferos, dos quais eles passam para o epidídimo, onde ficam retidos até a ejaculação. Na ejaculação os espermatozoides passam então pelo canal deferente, onde recebem um líquido produzido pelas vesículas seminais e próstata, formando o sêmen, que nutrie e protege dos espermatozoides que, por fim, são eliminados pela uretra.

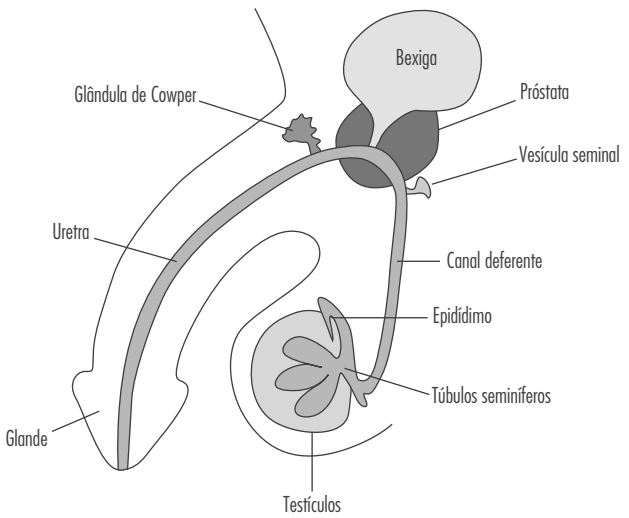


Figura 20.2: Sistema reprodutor masculino.

Próstata: Produz uma secreção que é alcalina e é responsável pela mobilidade dos espermatozoides e pela neutralização de resíduos de urina na uretra e da acidez vaginal.

Vesícula Seminal: Sua secreção é rica em frutose (monossacarídeo) e fornece energia aos espermatozoides.

Glândula de Cowper (ou bulbouretral): Quase que imediatamente antes da ejaculação, elas liberam uma secreção viscosa que reveste a parede da uretra, facilitando a ejaculação e impedindo o contato do esperma com resíduos de urina (ácida).

Uretra: Tubo que permite que a urina contida na bexiga seja expelida do corpo. No sexo masculino, a uretra atravessa o órgão copulador – o pênis – e é utilizada para outra função, a de fornecer uma via de passagem para o sêmen a ser ejaculado no ato da cópula.

Testículos: São duas gônadas que produzem células germinativas masculinas (espermatozoides). Eles atuam também como glândulas, produzindo o hormônio sexual masculino – testosterona.

Túbulos Seminíferos: Possuem diversas células em sua espessura e um comprimento total de quase 800 metros. Suas paredes têm várias camadas de células. As células das camadas mais internas vão continuamente se transformando em espermatozoides. Estes se tornam livres no interior dos túbulos.

Controle Hormonal Masculino

Na espécie humana o indivíduo entra na puberdade quando a hipófise, uma glândula presente no cérebro, começa a produzir os hormônios gonadotróficos, que atuam nas gônadas. São eles:

LH: Hormônio Luteinizante

FSH: Hormônio Folículo Estimulante

No indivíduo do sexo masculino a produção dos dois hormônios é simultânea e, estabelecido o controle hormonal, o mesmo permanecerá sem interrupção durante toda a vida reprodutiva do indivíduo.

Observe, no esquema abaixo, a atuação dos hormônios masculinos.

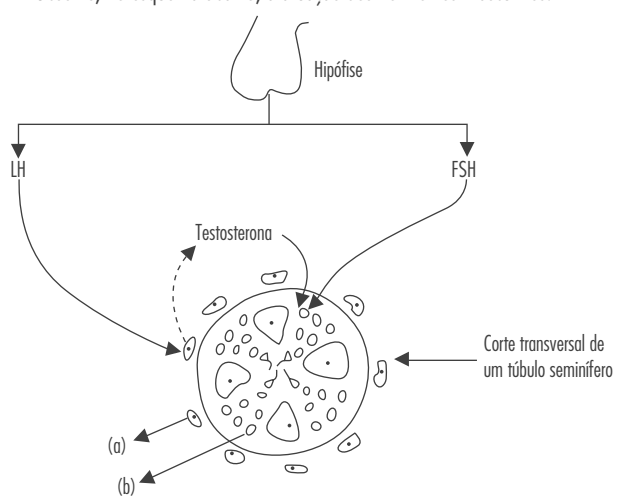


Figura 20.3: Ação dos hormônios nas gônadas, estimulando a produção dos espermatozoides.

A figura 20.3 mostra um esquema da ação dos hormônios nas gônadas. A hipófise libera o LH que estimula as células de Leydig (a) a produzirem testosterona. A testosterona e o FSH (liberado pela hipófise), estimulam a produção de espermatozoides a partir das espermatogônias (b).

Além de estimular a produção de espermatozoides, a testosterona é o principal hormônio responsável pelo desenvolvimento das características sexuais secundárias masculinas, como voz grave e pelos.

Atividade 2

A maior parte dos métodos anticoncepcionais que utiliza uma abordagem bioquímica ou fisiológica aplica-se à mulher. Um exemplo muito conhecido é a pílula anticoncepcional que lança mão de misturas de estrogênio e progesterona para inibir a ovulação. Por que é mais difícil elaborar uma estratégia semelhante para o homem?

Sistema Reprodutor Feminino

O sistema reprodutor feminino é formado pelas genitálias externa e interna. A genitália externa é a parte externa do sistema reprodutor feminino, composta, principalmente, pelo clitóris, lábio menor e lábio maior.

A genitália interna é composta, principalmente, pelo ovário, útero e pela vagina, que juntos são responsáveis pelos ciclos reprodutivos ou sexuais femininos.

Na mulher, os gametas – óvulos – são produzidos pelos ovários e daí passam para a tuba uterina ou trompa de falópio, onde poderá ou não ocorrer a fecundação.

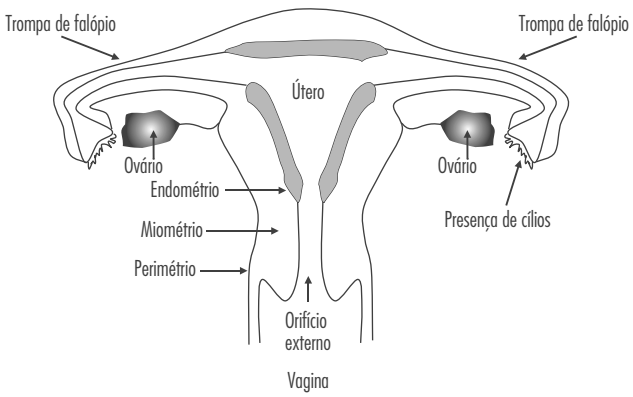


Figura 20.4: Genitália interna feminina.

1. Ovários: São as gônadas femininas, responsáveis pela produção dos gametas femininos (óvulos) e de hormônios sexuais femininos – ESTROGÊNIO e PROGESTERONA. Na mulher sexualmente madura, todos os meses os ovários amadurecem e expelem um gameta feminino (ovulação). Normalmente esse gameta é capturado pelas tubas uterinas.

2. Útero: É um órgão muscular, oco, com paredes espessas. É no útero que se implantará e desenvolverá o embrião, caso ocorra fecundação.

Camadas Uterinas

Endométrio: é a camada mais superficial da parede uterina, capaz de se desprender, se regenerar e de acolher o embrião para o seu desenvolvimento.

Miométrio: é a camada média do útero, constituída basicamente por fibras musculares, responsáveis pelas contrações uterinas que ocorrem durante a menstruação e o parto.

Perimétrio: é a camada de revestimento externo do útero.

3. Vagina: É um tubo achatado que se adapta ao órgão copulador masculino – o pênis – por ocasião do coito.

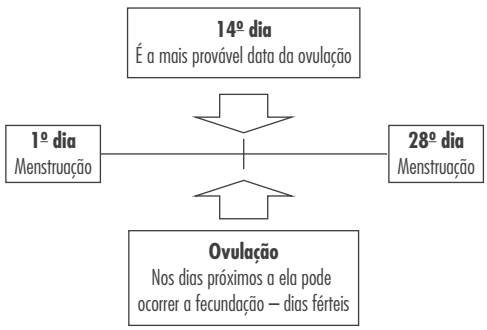
4. Trompa de Falópio: É responsável pelo transporte do gameta feminino, do ovário até o local provável da fecundação, que é o terço superior desta trompa. Se houver fecundação, a trompa será responsável pelo transporte do zigoto e, posteriormente, do embrião (em divisão) até o útero.

Menstruação

Na mulher sexualmente madura e não grávida, a porção mais interna do endométrio se desintegra e desprende a cada 28 dias aproximadamente. A mistura de sangue glandular e de endométrio desintegrado que cai através do canal cervical e da vagina, constitui o fluxo menstrual.

Considerando-se um ciclo menstrual padrão de 28 dias, no 1º dia de uma menstruação já se inicia o restabelecimento do endométrio que está sendo perdido. Em torno do 13º/14º dias deverá estar ocorrendo uma nova ovulação. Se ocorrer fecundação, o embrião se implanta no endométrio e se estabelece um controle hormonal que impede o seu desprendimento. Se não ocorrer fecundação, 13 a 14 dias depois da ovulação deve ocorrer nova menstruação.

No esquema abaixo se encontram os principais eventos que podem ocorrer no corpo da mulher, num ciclo de 28 dias: ovulação, menstruação e fecundação.



Controle Hormonal Feminino

Diferentes hormônios regulam, nas mulheres, os ciclos ovariano e uterino.

O ciclo ovariano será responsável pelo amadurecimento e liberação do óvulo. Cada ovócito I no ovário está rodeado por uma camada de células, denominadas células foliculares e esse conjunto (ovócito mais células foliculares) recebe o nome de folículo ovariano ou Folículo de Graaf. A cada mês, um folículo ovariano inicia seu desenvolvimento e após duas semanas ele se rompe, liberando o óvulo. Depois da ovulação as células foliculares, ainda em crescimento, dão origem ao corpo lúteo, que funciona como uma glândula, produzindo estrogênio e progesterona por mais duas semanas. Após esse período ocorre a degeneração do corpo lúteo, caso não ocorra fecundação.

O ciclo uterino envolve as transformações ocorridas no útero, especialmente no endométrio durante o ciclo ovariano e que culminam com a menstruação ou com a implantação do embrião, caso ocorra fecundação.

Os dois ciclos são regulados por quatro hormônios, que possuem as seguintes funções.

- Hormônio Folículo Estimulante (FSH): é liberado pela hipófise e sua principal função é estimular o amadurecimento do folículo ovariano.

- Hormônio Luteinizante (LH): também liberado pela hipófise, seu pico provoca a ovulação e desenvolvimento do corpo lúteo.

- Estrogênio: é produzido pelo folículo ovariano e causa o desenvolvimento das características sexuais secundárias femininas, incluindo o desenvolvimento o endométrio.

- Progesterona: também é produzido pelo folículo ovariano. Esse hormônio estimula o espessamento do endométrio e, principalmente, sua manutenção após a ovulação.

O ciclo menstrual

Acompanhe o texto que se segue, analisando a figura 20.5 que representa as fases do ciclo menstrual.

O primeiro dia do ciclo menstrual corresponde ao primeiro dia da menstruação. Nesta ocasião, os níveis de FSH e LH no sangue estão baixos. A hipófise inicia a liberação de FSH que começa a ter sua taxa sanguínea aumentada (figura 20.5A). O aumento desse hormônio provoca o crescimento de um folículo ovariano (figura 20.5B), que inicia a produção de progesterona e, principalmente, estrogênio, causando a elevação da concentração desses hormônios no sangue (figura 20.5C). Por estímulo dos hormônios ovarianos o endométrio começa a proliferar (figura 20.5D). O aumento dos níveis de estrogênio provoca a inibição da liberação de FSH. Por volta do 12º dia do ciclo. A produção de LH torna-se intensa e o pico desse hormônio no sangue, por volta do 14º dia (figura 20.5A), provoca a ruptura do folículo de Graaf e a ovulação (figura 20.5B). Após a ovulação, o folículo origina o corpo lúteo, que mantém a produção de estrogênio (em baixa quantidade), e produz grande quantidade de progesterona, o que aumenta sua concentração no sangue após a ovulação (figura 20.5C), provocando maior espessamento do endométrio (figura 20.5D). Se o óvulo não for fertilizado, por volta do 26º dia o corpo lúteo degenera e sem a produção de progesterona o endométrio descama, ocorrendo a menstruação, o que inicia um novo ciclo.

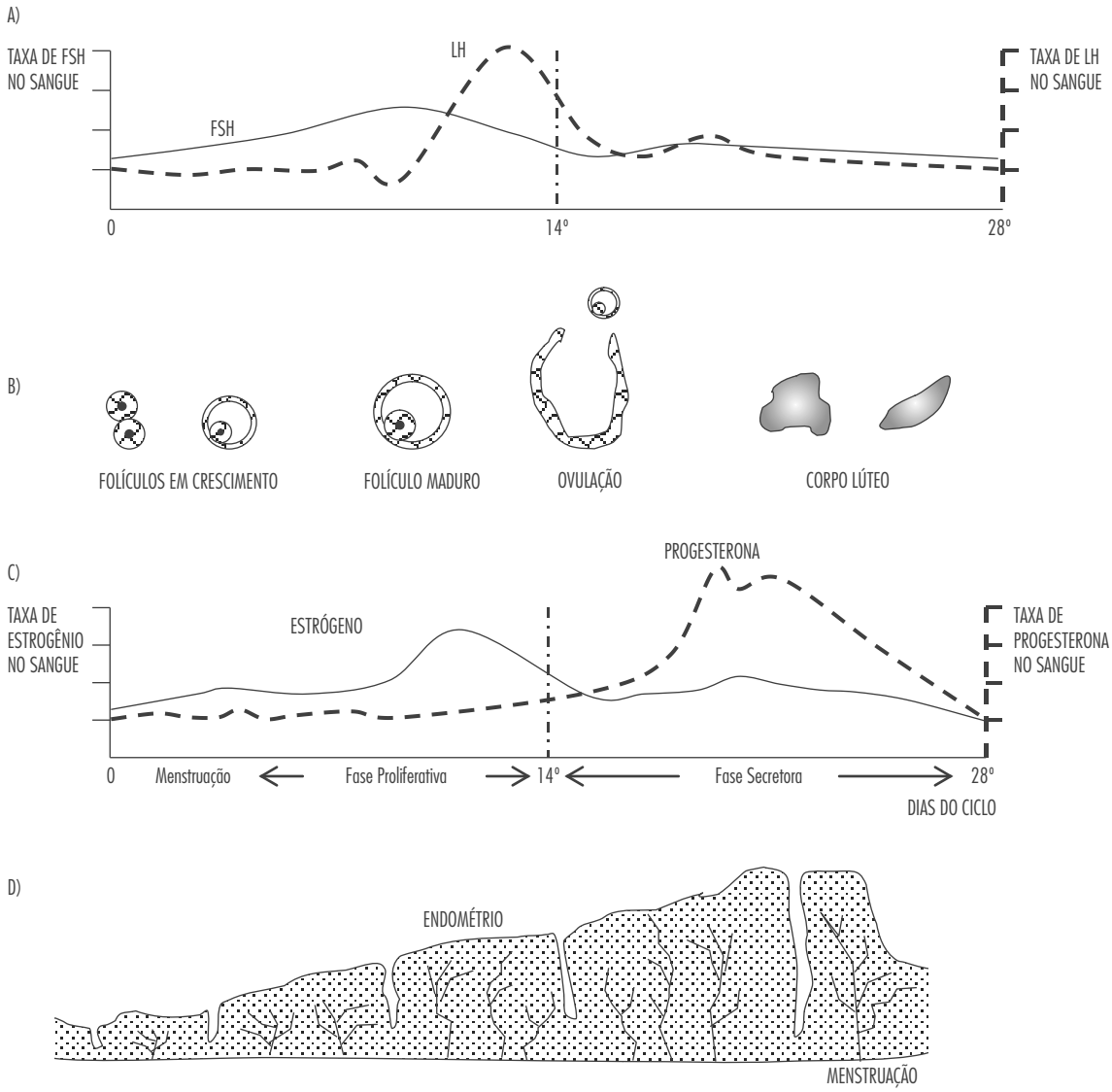


Figura 20.5: Ciclo menstrual. A) Taxa sanguínea dos hormônios hipofisários; B) Ciclo ovariano; C) Taxa sanguínea dos hormônios ovarianos; D) Ciclo uterino.

Quando ocorre fecundação, o endométrio é mantido devido à taxa de progesterona que permanece alta. Isso ocorre porque, alguns dias após a implantação do embrião, começa a se estabelecer uma placenta rudimentar que passa a produzir hormônios. Dentre eles está a gonadotrofina coriônica (HCG) que atua diretamente no corpo lúteo, mantendo-o funcional até o 3º mês de gestação, produzindo progesterona e fixando o endométrio. Até esta época a placenta já está totalmente formada, o corpo lúteo regride e morre, e até o final da gravidez, é a placenta que assumirá a produção de progesterona, que deverá se manter constante e em alta concentração até o momento do parto.

Resumo

Os sistemas reprodutores masculinos e femininos são formados por estruturas responsáveis tanto pela produção dos gametas quanto pela manutenção e diferenciação dessas células, além de, no caso do trato reprodutivo feminino, estruturas que possam garantir o desenvolvimento do embrião.

A gametogênese masculina, produção dos espermatozoides, começa na puberdade e segue durante toda a vida do homem.

A produção de espermatozoides ocorre sob o controle dos hormônios FSH e LH liberados pela hipófise e da testosterona.

A gametogênese feminina, ovogênese, inicia-se ainda durante seu desenvolvimento no útero materno. Por esta razão, as mulheres já nascem com todas as células germinativas em estágio avançado de desenvolvimento e a partir da puberdade apenas dão prosseguimento a esse desenvolvimento.

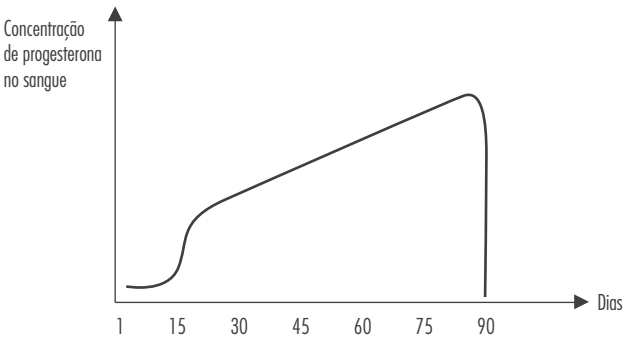
A maturação e liberação do óvulo (ciclo ovariano) estão sob o controle dos hormônios FSH e LH, liberados pela hipófise. Nos humanos esse ciclo leva cerca de 28 dias.

O ciclo uterino, onde ocorrem a proliferação e descamação do endométrio, encontra-se sob a ação dos hormônios ovarianos estrogênio e progesterona.

Exercícios

1) (UFRJ / 2004) O uso da droga tamoxifen reduz muito as chances de desenvolvimento do câncer de mama nas mulheres que fazem parte do grupo de risco dessa doença. O câncer de mama é uma proliferação anormal de células e o uso dessa droga inibe os receptores de estrogênio da mama. Quando esse medicamento ainda não existia, o tratamento convencional para mulheres com grande risco de desenvolver câncer de mama era a retirada dos ovários. Explique por que esse antigo procedimento de prevenção do câncer de mama era eficaz.

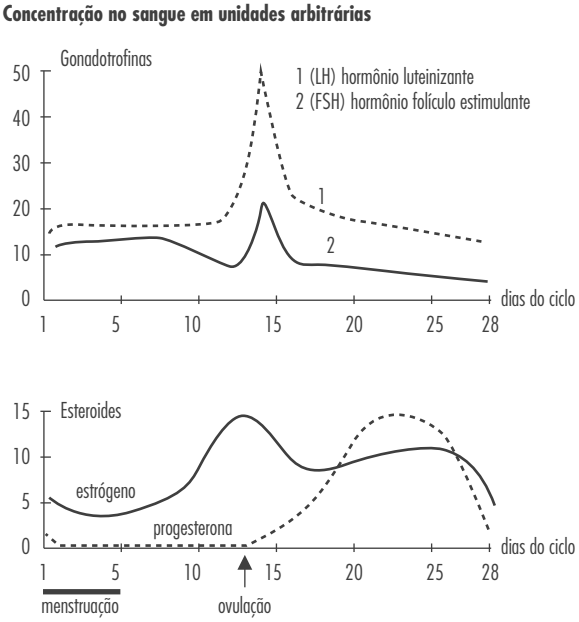
2) (UFRJ / 2000) O gráfico mostra os níveis dos hormônios progestacionais no sangue de uma mulher num período de 90 dias.



a) Como deve ser interpretado o aumento progressivo do nível de concentração do progesterona a partir do 15º dia?

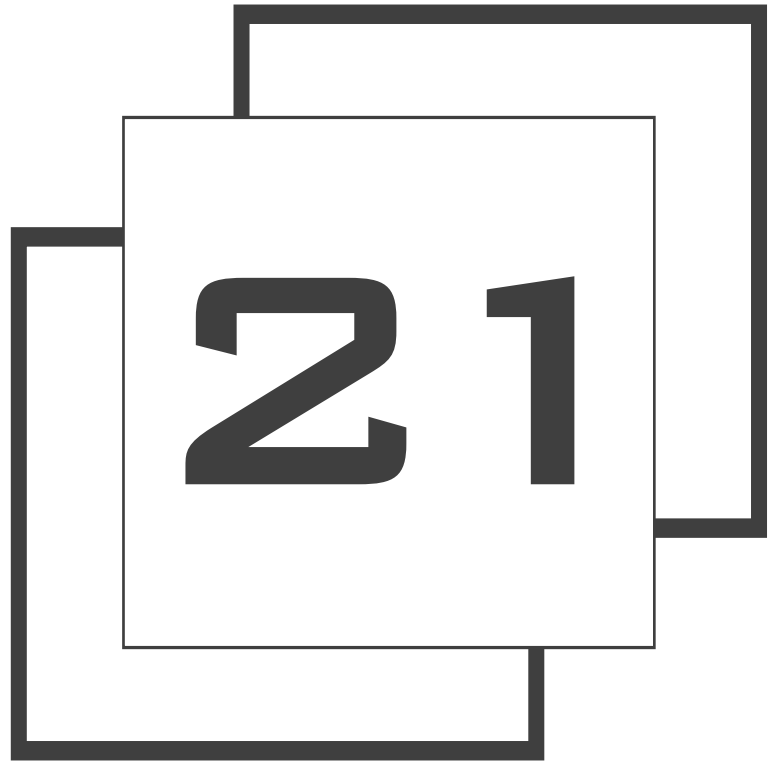
b) Que fato deve estar associado à queda do nível de hormônio por volta do 90º dia?

3) (UNICAMP / 1997) O gráfico a seguir mostra os níveis dos hormônios sexuais no sangue durante o ciclo menstrual:



a) Observando as curvas dos hormônios, diga se ocorreu ou não a fecundação. Justifique.

b) Onde é produzido cada um dos hormônios gonadotróficos e esteroides envolvidos no processo?



Métodos contraceptivos

:: Objetivo ::

• Conhecer os principais métodos contraceptivos.

Introdução

No capítulo anterior compreendemos os princípios básicos do funcionamento dos sistemas reprodutores masculinos e femininos no caso da espécie humana. Neste caso, porém, sexo e reprodução não necessariamente estão associados. O fato de que as pessoas nem sempre desejam ter filhos quando mantêm relações sexuais levou, ao longo da História, ao desenvolvimento de métodos contraceptivos, ou seja, de métodos que evitam (contra) a concepção (formação de um novo indivíduo a partir da junção de um óvulo e um espermatozoide).

Métodos contraceptivos devem ser utilizados para prevenir a gravidez. Alguns desses métodos também são usados na prevenção de doenças sexualmente transmissíveis, doenças que são transmitidas de uma pessoa para outra em consequência do ato sexual, como a AIDS e a gonorreia, por exemplo. As estratégias de contracepção podem se basear no bloqueio da gametogênese (métodos hormonais), no impedimento do encontro dos gametas (métodos de barreira) e no impedimento do desenvolvimento do embrião. Abaixo serão apresentadas algumas estratégias de contracepção mas lembre-se: nenhum método é absolutamente seguro, por isso é preciso conhecê-los bem, usá-los corretamente e com cautela.

Métodos Comportamentais

- Coito Interrompido: É um método muito antigo que consiste em retirar o pênis da vagina antes que a ejaculação ocorra. Este método é pouco eficiente porque as secreções masculinas liberadas antes da ejaculação podem conter espermatozoides suficientes para levar à fecundação.

- Tabelinha: Método que consiste em abster-se de relações sexuais nos dias férteis da mulher. Num ciclo menstrual normal, a ovulação ocorre próximo à metade do ciclo (14º dia num ciclo de 28 dias). Como o espermatozoide pode permanecer viável no trato reprodutivo feminino por até quatro dias e o óvulo também, estabelece-se como período de risco o intervalo que vai dos cinco dias que precedem a ovulação até cinco dias após esse evento. A definição do período de risco pode ser auxiliado pelo exame do muco vaginal que, próximo aos dias férteis, se torna claro e viscoso, enquanto nos dias menos férteis, se apresenta mais espesso e turvo. Mesmo assim, este método possui altíssimas margens de erro, principalmente porque o ciclo ovariano pode sofrer alterações.

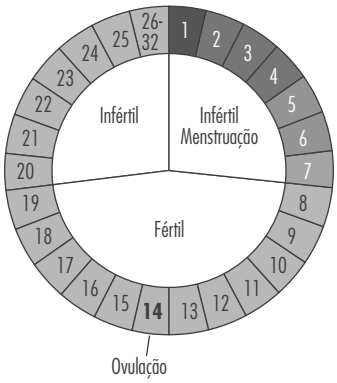
Métodos de Barreira

- Diafragma: É um dispositivo de borracha que a mulher coloca no fundo da vagina de modo a fechar o colo do útero e impedir a entrada de espermatozoides. Geralmente aplica-se no diafragma uma geleia espermicida (que mata os espermatozoides).

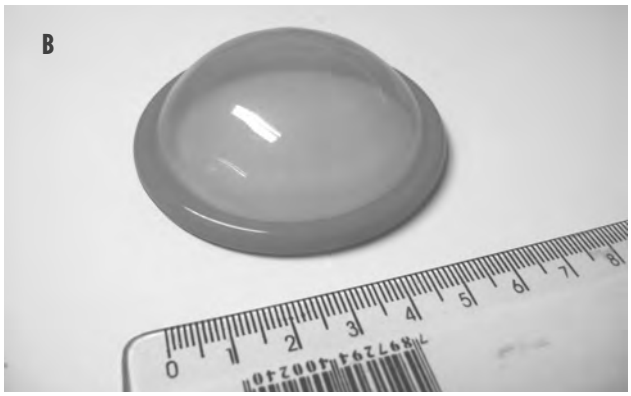
- Preservativo ou Camisinha Masculina: É um protetor de látex, que se coloca no pênis para reter o esperma ejaculado, evitando que seja depositado na vagina. Além de anticoncepcional, a camisinha é eficiente na prevenção da disseminação da AIDS e outras DSTs.

- Camisinha Feminina: É feita de poliuretano (mais resistente que o látex). Deve ser colocada antes do ato sexual e retirada logo depois. Também previne as DSTs.

A



B



C

D

Figura 21.1: Métodos contraceptivos comportamentais e de barreira. A: Tabelinha; B: Diafragma; C: Preservativo masculino; D: Preservativo feminino. Fotos: Anderson Carvalho

Métodos Hormonais

São mais eficazes que os métodos de barreira.

- Pílula Anticoncepcional: Consiste numa mistura de estrogênio e progesterona sintéticos, que inibem a secreção de FSH e LH pela hipófise. Em consequência, o folículo ovariano não amadurece e não ocorre ovulação. Entretanto, a progesterona estimula o espessamento do endométrio. A pílula é tomada durante 21 dias consecutivos, a partir do 1º dia da menstruação, e, ao término desses dias, a queda da taxa de progesterona provoca a descamação do endométrio e a mulher menstrua, sem que tenha ovulado.

- Pílula Contínua: Tem o mesmo efeito da pílula anticoncepcional normal. A diferença é que a pílula contínua é tomada durante o mês inteiro, não havendo pausa e, portanto, não havendo menstruação, uma vez que não há redução nos níveis hormonais.

- Anel vaginal: O anel vaginal contém Etonogestrel e Etinilestradiol, que são os mesmos hormônios da maioria das pílulas anticoncepcionais. É colocado na vagina no 5º dia da menstruação, permanecendo nesta posição durante três semanas. A maior vantagem é que a mulher não precisará tomar a pílula todo dia e nem esquecerá. Outra vantagem é que os hormônios serão absorvidos diretamente pela circulação evitando alguns efeitos colaterais desagradáveis da pílula oral. É um método conveniente, pois só precisa ser aplicado uma vez ao mês. A mulher mesma coloca e retira o anel, conferindo controle sobre o método contraceptivo.

- Transdérmico: O adesivo anticoncepcional contém os mesmos hormônios que a maioria das pílulas anticoncepcionais e deve ser colado na pele permanecendo nesta posição durante uma semana. A maior vantagem é que a mulher não precisará tomar a pílula todo dia, diminuindo a chance de esquecimento. Outra vantagem é que, da mesma forma que o anel vaginal, os hormônios serão absorvidos diretamente pela circulação evitando alguns efeitos colaterais da pílula oral. Para iniciar o tratamento o adesivo deve ser colocado no primeiro dia da menstruação. A cada três semanas deve-se fazer uma pausa de uma semana.

- Implante Subcutâneo: É uma pequena cápsula contendo um hormônio anticoncepcional, que é introduzida embaixo da pele através de um aplicador descartável. A duração do implante é de aproximadamente três anos e nesse período muitas mulheres terão menstruações menores ou não as terão.

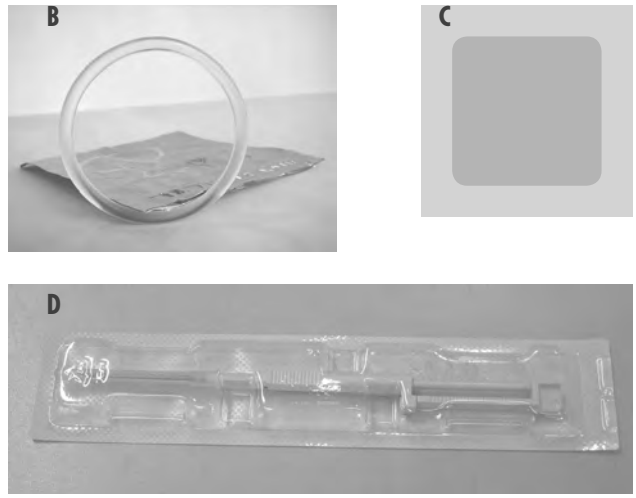
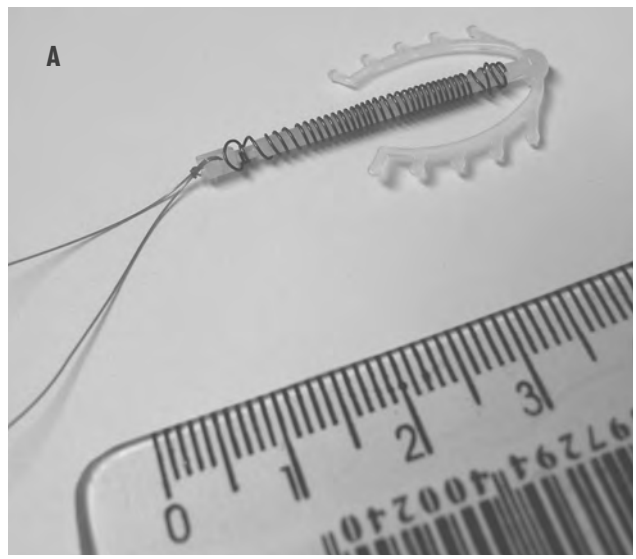


Figura 21.2: Métodos contraceptivos hormonais. A: Pílula (foto: Anderson Carvalho); B: Anel Vaginal (foto: Victor Byckttor / wikipedia); C: Transdérmico; D: Implante subcutâneo (foto: Ciell / wikipedia).

Outros Métodos

- DIU-Dispositivo Intra Uterino: Dispositivo de plástico ou metal que é colocado pelo ginecologista no interior do útero, impedindo a nidação e consequentemente a implantação do embrião. Os DIUs que possuem cobre têm efeito espermicida e alteram a mobilidade ou capacidade do espermatozoide fecundar o óvulo. Alguns DIUs possuem também uma dosagem hormonal, que atua no ciclo ovariano.

- Pílula do Dia Seguinte: É um contraceptivo de emergência e só deve ser usada nos casos em que outros métodos falharam ou não foram utilizados (quando a camisinha estoura, por exemplo) e não como método habitual. A função desse medicamento é impedir a fecundação e, caso ela ocorra, provocar a descamação do endométrio, antecipando a menstruação, e impedindo a implantação do embrião. Para garanti a eficiência, a primeira pílula deve ser tomada até 72 horas após o ato sexual sem proteção e a segunda, 12 horas após a primeira.



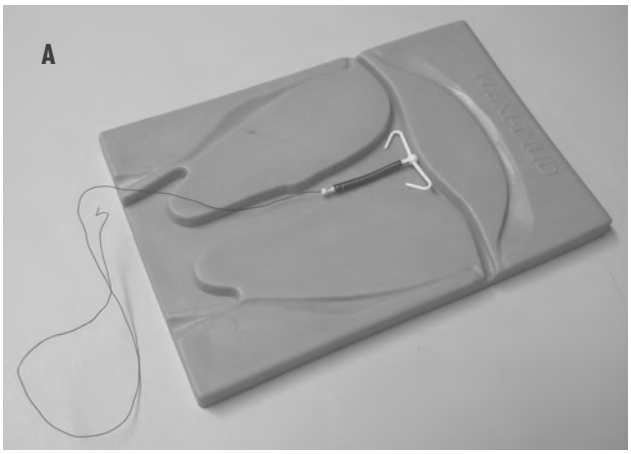
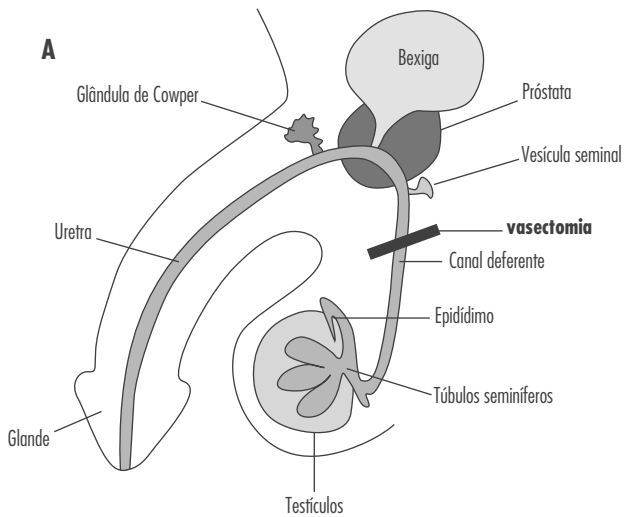


Figura 21.3: Outros métodos contraceptivos. A: DIU e simulação da posição do DIU no útero; B: Pílula do dia seguinte. Fotos: Anderson Carvalho

Métodos de Esterilização

- Vasectomia: Método que consiste em seccionar os canais deferentes, de modo a impedir que os espermatozoides cheguem à uretra. A vasectomia não afeta a produção de testosterona pelos testículos, de modo que não tem efeito negativo sobre a atividade sexual do homem. O homem vasectomizado atinge o orgasmo e ejacula normalmente, com a diferença de que seu esperma não contém espermatozoides, apresentando apenas secreções das glândulas acessórias.

- Laqueadura ou Ligadura das Trompas: Método que consiste em seccionar ou remover as trompas uterinas. Neste caso, os óvulos não conseguem chegar ao útero e os espermatozoides ficam impedidos de chegar ao local da fecundação.



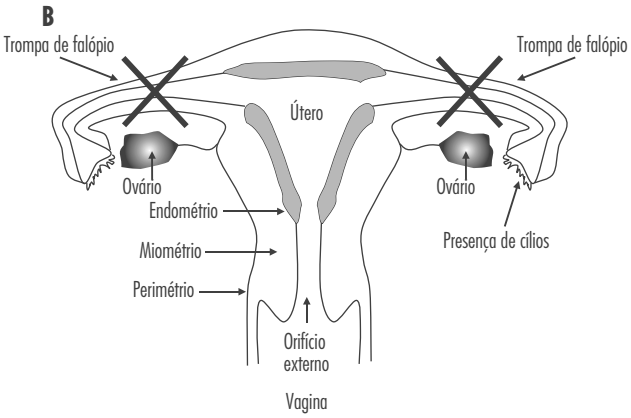


Figura 21.4: Métodos de esterilização. A: Vasectomia; B: Laqueadura das Trompas.

Você pode ainda tirar suas dúvidas entrando em contato com seus tutores através do 0800 282 0636 e para informações mais detalhadas, recomendamos os seguintes sites:

www.aids.gov.br
www.dst.com.br
www.pelavidda.org.br

Orientações ainda podem ser adquiridas por telefone nas seguintes organizações:

Grupo Pela Vidda/RJ: (21) 2518.3993
Disque Aids Pela Vidda: (21) 2518.2221
Pergunte Aids: 0800 61-1997
Disque Aids do Centro de Testagem: (21) 2293.2255

Exercício

1) (UFRJ / 2003) Explique por que a vasectomia não afeta a atividade sexual masculina e por que ela impede a reprodução.

22

O ADN e sua importância para a hereditariedade I

:: Objetivo ::

• Compreender os princípios fundamentais que determinam a estrutura da molécula de ADN.

Introdução

Trabalhos realizados por diversos pesquisadores, como Frederick Grifith (1928); Avery, MacLeod e McCarty (1944), e Hershey e Chase (1952), contribuíram para a aceitação da ideia de que o ADN era o material genético dos organismos. Hoje já sabemos que o ADN é, de fato, o material genético de praticamente todos os seres vivos conhecidos. É importante destacar, porém, duas informações conhecidas na época, importantes para que o papel do ADN como material genético fosse descoberto: i) os cromossomos, que continham o material genético, eram compostos de ADN e proteínas; ii) logo antes de uma célula se duplicar, ela possuía aproximadamente o dobro da quantidade de ADN de células que não estavam se dividindo.

Atividade 1

Qual a importância deste aumento preciso na quantidade de ADN de uma célula antes que a divisão ocorra?

O acúmulo de evidências a respeito da importância do ADN, no entanto, longe de encerrar a discussão sobre a natureza do código genético, gerou questões novas igualmente importantes. Uma destas questões estava relacionada às possíveis maneiras através das quais uma molécula de composição química relativamente simples, como o ADN, poderia armazenar a informação capaz de levar à formação de um novo organismo. Grande parte dos estudos de então encontravam-se voltados para a estrutura do ADN, na medida em que o mecanismo para o armazenamento da informação genética possivelmente residia em sua organização.

Deduzindo a estrutura da molécula de ADN

Sabia-se desde as primeiras décadas do século XX que o ADN era um polímero (lembre-se das proteínas, que são polímeros de aminoácidos). Já se sabia então, como se sabe hoje, que este polímero é uma molécula longa, semelhante a um fio e constituído de apenas quatro unidades diferentes, os nucleotídeos. Cada nucleotídeo é composto de uma base nitrogenada de quatro possíveis tipos, ligada a uma pentose (açúcar formado por cinco átomos de carbono – desoxirribose) e um grupamento contendo fósforo. Cada nucleotídeo é identificado pela base nitrogenada que o compõe, já que isto é o que os diferencia entre si, sendo eles, portanto: Adenina (A),Timina (T), Guanina (G) e Citosina (C). Devido a certas semelhanças de estrutura química, A e G são conhecidas como bases púricas e T e C como pirimidínicas.

As primeiras hipóteses a respeito da organização dos nucleotídeos no ADN foram formuladas quando se supunha que este participava apenas como elemento estrutural dos cromossomos. Supunha-se então que a molécula de ADN era formada por vários tetranucleotídeos (sequência de quatro nucleotídeos) iguais ligados. A sequência ATCG, por exemplo, poderia repetir-se várias vezes (ATCGATCG…). Ou em termos mais precisos, um nucleotídeo contendo uma Adenina ligava-se a outro contendo uma Timina, que por sua vez ligava-se a um contendo uma Citosina, até que aquele contendo a Guanina ligava-se a outra Adenina, e a sequência recomeçava, formando o longo fio do qual falamos há pouco.

Uma das bases desta ideia era o fato de que moléculas formadas por sequências repetitivas, especialmente de açúcares, são comuns em seres vivos. Esse é o caso do amido, da celulose e do glicogênio formados por moléculas de glicose ligadas umas às outras, e da quitina, que reveste o corpo de artrópodos e é composta por apenas um outro tipo de açúcar, a N-acetil glicosamina.

Supunha-se então que o ADN fosse formado por sequências ATCG, ou de quaisquer outros tipos de sequências que se repetiriam ao longo da molécula (AATTCCGG ou ACGT ACGT, por exemplo).

Nesse capítulo, porém, vamos simplificar a discussão trabalhando apenas com a hipótese do ADN ser composto pela sequência ATCG. Não custa lembrar que, se o ADN fosse composto de uma mesma sequência repetida inúmeras vezes, ele não poderia "arquivar" grande quantidade de informações, pois seria semelhante a um longo texto composto de uma única palavra.

Em 1950, Erwin Chargaff, favorável à hipótese do ADN como material genético, realizou experiências que testavam a hipótese das sequências repetitivas.

Chargaff obteve ADN de vírus, de diversos tipos de bactérias (procariontes), e de células eucariontes (fungos, células de peixes, espermatozoides humanos etc.). Em seguida, determinou quimicamente a quantidade de cada uma das bases (A, T,C e G) no ADN de todos estes seres vivos. Posteriormente calculou a proporção das diferentes bases ou nucleotídeos existentes em cada uma destas moléculas. Ou seja, determinou qual a percentagem de A, T, C e G em cada amostra de ADN.

Atividade 2

Supondo-se que o ADN fosse realmente composto de repetições da sequência ATCG, qual deveria ser a porcentagem de cada uma das bases nitrogenadas no ADN total?

Os resultados obtidos por Chargaff estão resumidos na tabela 22.1. Muitos valores foram arredondados, para obtermos percentagens em valores inteiros. Além disto, é importante recordar que os valores obtidos como resultados de experimentos têm, sempre, alguma variação ou margem de erro.

Organismo	Adenina	Timina	Guanina	Citosina
E. coli (bact.)	26	24	25	25
D. pneumoniae (bact.)	30	31	20	18
M. tuberculosis (bact.)	15	15	35	35
Levedura (fungo-euc.)	31	32	18	17
Ouriço do mar (esperm.)	32	32	18	18
Arenque (espermatoz.)	28	28	22	22
Rato (medula óssea)	28	28	21	21
Homem (timo)	31	30	20	20
Homem (fígado)	31	31	20	20
Homem (espermatoz.)	31	30	19	19

Tabela 22.1: Proporções (%) das diferentes bases em ADNs de diversas fontes

Atividade 3

a) Os resultados obtidos por Chargaff, mostrados na tabela 1.1, confirmam ou se opõem à hipótese dos tetranucleotídeos (ATCG) repetidos? Por quê?

b) Considerando os resultados obtidos, é possível que o ADN seja composto de algum outro tipo de sequência repetida várias vezes (ou seja, que a unidade que se repete não seja ATCG, mas alguma outra)? Explique.

c) Existe alguma semelhança ou diferença entre as proporções obtidas para o ADN de diferentes tecidos da mesma espécie (homem)? Identifique-as. Qual o possível significado destes resultados?

Chargaff estava em busca de padrões, ou seja, de alguma coisa que fosse comum a todas as moléculas de ADN estudadas. Se ele encontrasse algo comum a todos, poderia estar se aproximando de uma pista importante para entender o "funcionamento" do ADN. Afinal, se alguma coisa era comum a seres vivos tão diferentes quanto vírus, fungos e seres humanos, essa coisa não deveria acontecer por acaso.

Em sua busca por padrões, Chargaff não analisou apenas a composição química do ADN. Ele também estabeleceu as proporções entre seus diversos componentes, conforme sugerido pela tabela 1.2. Ele buscava descobrir se existia alguma relação constante entre as quatro bases componentes do ADN. De um modo mais completo, podemos dizer que, se havia alguma característica comum ao ADN de todos os seres vivos, provavelmente ela estaria relacionada à maneira como o ADN arquivava as informações em todos eles. Ou seja, ela deveria ser importante para entender o funcionamento do código que Chargaff e outros procuravam.

A seguir adaptamos algumas perguntas semelhantes às que Chargaff se fazia em seu trabalho, para que você refaça alguns passos do raciocínio dele e possamos discutir as conclusões.

Atividade 4

Calcule, para cada uma das amostras da tabela 22.1, as proporções indicadas na tabela 22.2, anotando os resultados nos locais apropriados.

Organismo	A / T	A / C	A / G	C / G	C / A	A+C / T+G
E. coli						
D. pneum.						
M. tuberculosis						
Levedura						
Ouriço (sptz)						
Arenque (sptz)						
Rato (med. óssea)						
Homem (timo)						
Homem (figado)						
Homem (sptz)						

Tabela 22.2: Alguns exemplos de razão entre as bases nitrogenadas existentes em moléculas de ADN de diferentes fontes.

Atividade 5

Observe a tabela 22.1 com atenção. Levando em conta que Chargaff estava em busca de regras gerais, ou seja, que valessem para a maioria das moléculas de ADN, responda: existe alguma característica comum a todas as molécula de ADN estudadas? Identifique-as, caso existam.

Embora pareçam simples, estes resultados foram fundamentais para o trabalho de elucidação da estrutura das moléculas de ADN. Em especial porque os resultados eram semelhantes para todas as amostras de ADN estudados, ou seja, se constituíam em regras gerais. Este tipo de resultado corrobora a ideia de que o material genético, e portanto o código genético são universais, sugerindo que são do mesmo tipo em todos os seres vivos.

Algumas informações adicionais

Outra contribuição decisiva para a elucidação da estrutura do ADN foram os estudos usando Difração de Raios-X feitos pelo grupo de Maurice Wilkins, ao longo das décadas de 1940 e 1950. Compreender esta técnica, e interpretar os resultados obtidos com ela exige conhecimentos específicos de Física, Química e Matemática de que não dispomos no momento (você sempre poderá cursar uma destas faculdades e entender...). Mas é possível compreender os princípios gerais do método, apenas como ilustração. Nesta técnica, os Raios-X são disparados contra moléculas purificadas de ADN (ou qualquer outra). Dependendo da organização dos átomos na molécula, o Raios-X vão atravessá-la ou "ricochetear" de diferentes maneiras. Estes Raios-X marcam uma chapa parecida com a das radiografias comuns, gerando informações a respeito da estrutura da molécula. Apenas como uma comparação (bastante forçada), recorde-se de que, nas radiografias, os ossos aparecem em cor clara (branca) e o resto do corpo em cor escura (preta). Isto está relacionado ao quanto cada tipo de material absorve, reflete ou deixa passar os Raios-X. Analisar resultados de difração de Raios-X seria então como determinar a trajetória de uma bala a partir da maneira como ela resvalou ou penetrou nos objetos. É, não ajudou muito, mas foi uma tentativa...

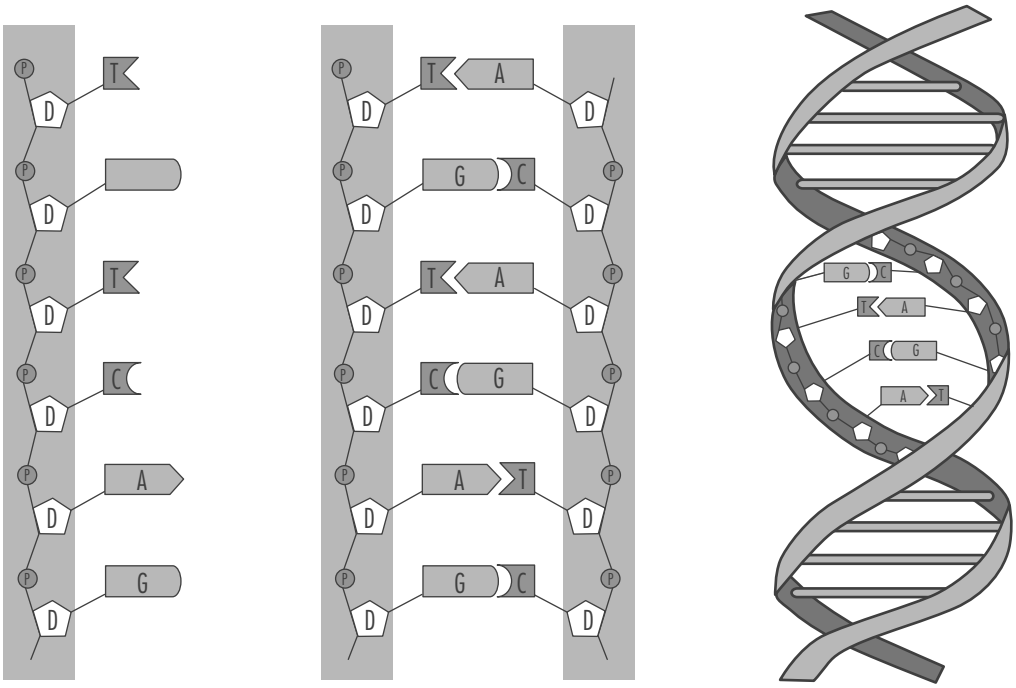
Os experimentos realizados usando a técnica descrita acima mostravam que o ADN tinha algumas características marcantes. Tratava-se de moléculas longas e finas, formadas por cadeias paralelas, que de alguma maneira mantinham-se unidas, e estas moléculas longas enrolavam-se, formando uma estrutura helicoidal (em hélice, que é a forma, por exemplo, do arame que une as folhas no caderno que chamamos de "espiral").

O americano James Watson e o inglês Francis Crick, baseando-se em parte nos resultados do grupo da inglesa Rosalind Franklyn que trabalhava com Maurice Wilkins, produziram modelos representando as diferentes moléculas que compunham os nucleotídeos, e tentaram elaborar um modelo geral que desse conta das informações disponíveis na época.

Já se sabia que os nucleotídeos ligavam-se uns aos outros, formando as longas cadeias. Watson e Crick verificaram que, devido à maneira como os nucleotídeos se ligavam uns aos outros, as bases A e T poderiam formar duas

pontes de Hidrogênio entre si, e C e G poderiam formar três pontes entre elas. Por outro lado, as outras bases não formavam pontes entre si. As pontes formadas e o modo como os nucleotídeos se ligavam forçavam as duas cadeias a se torcer e as mantinham interligadas. Esse modelo geral, proposto em 1953, hoje conhecido como a dupla-hélice, está mostrado na figura 22.3 e será discutido em detalhes na aula. Mas, em resumo, para entendê-lo, imagine uma escada de mão formada por duas hastes ligadas entre si pelos degraus. Agora imagine que duas pessoas seguram a escada pelas hastes, cada uma delas em uma das pontas da escada (uma em cima e outra embaixo, por exemplo), e a torcem em sentidos opostos: eis aí uma dupla-hélice (afinal a escada é formada por duas cadeias interligadas). Para compreender essa estrutura tão importante, examine com atenção a figura a seguir.

Esquema de molécula de DNA



Cadeia de nucleotídeos | Duas cadeias pareadas, no plano | Dupla hélice

P = Fosfato D = Desoxirribose

Figura 22.3: A estrutura da molécula de ADN

23

O ADN e sua importância para a hereditariedade II

:: Objetivo ::

• Compreender a relação entre a estrutura do ADN e seu processo de duplicação, e suas consequências sobre a manutenção da integridade dos genes durante a reprodução celular.

Introdução

Após a aceitação do modelo de Watson e Crick, no qual a molécula de ADN é formada por duas cadeias de nucleotídeos ligadas entre si por pontes de Hidrogênio, diversos processos foram sugeridos para explicar como uma molécula deste tipo era capaz de gerar cópias de si mesma, ou, mais simplesmente, de duplicar-se. Afinal, quando um célula se divide, cada uma das células filhas tem de "levar"todas as informações necessárias ao seu funcionamento. Essa célula só pode sobreviver se dispuser dessa informações, não é mesmo? Se ainda está parecendo complicado, lembre-se de que, algum tempo após uma célula ser formada, ela pode se duplicar, gerando duas novas células filhas. Ora, para fazer isso ela precisa de um manual de instruções completo. Ou seja, de todos os genes. E para fornecer todos os genes a duas células, começando com uma única, é preciso ter duas cópias de cada gene. Assim, uma cópia é passada para cada célula filha. Como vimos em capítulos anteriores, é exatamente isso que acontece com os cromossomos que contêm os genes. Isso vale tanto para a mitose, como para a meiose.

Sendo assim, era preciso entender como uma molécula de ADN era capaz de se duplicar, gerando duas moléculas iguais a ela: uma para cada célula filha.

Os modelos propostos para a duplicação do ADN

Diversos modelos foram propostos para o processo de duplicação da molécula de ADN ao longo do tempo. Algumas coisas eram comuns a todos esses modelos. Por exemplo, em todos eles as duas cadeias seriam separadas, e cada uma serviria de molde para a síntese de uma nova cadeia complementar. Afinal, as bases nitrogenadas só se pareavam de uma maneira (A com T e C com G, como vimos no capítulo anterior). Por isso mesmo, cada cadeia servia de molde perfeito para uma cadeia complementar. A síntese de uma cadeia complementar a partir da antiga seria assegurada pelo pareamento preciso das pontes de Hidrogênio das bases A e T, C e G. Por exemplo: se existisse uma Citosina na cadeia "molde", somente uma Guanina poderia ser inserida na nova cadeia, permitindo que as pontes de Hidrogênio estabilizassem a molécula.

No entanto, supôs-se que este processo poderia ocorrer de três maneiras distintas. Vamos analisar duas dessas propostas. Uma delas era denominada de "duplicação conservativa" (figura 23.1). Neste modelo, embora as cadeias originais/velhas (CV) servissem de molde para a formação de duas novas cadeias complementares (CN), ao final do processo as duas cadeias antigas mantinham-se ligadas por pontes de Hidrogênio, o mesmo ocorrendo com as cadeias novas. Desta forma, portanto, a molécula antiga era conservada com suas duas cadeias originais unidas.

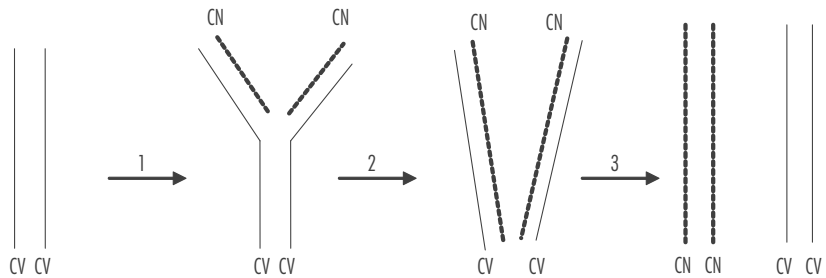


Figura 23.1: Modelo de duplicação do ADN – "Duplicação Conservativa"

Um segundo modelo, proposto por Watson e Crick, era denominado de duplicação semiconservativa (figura 23.2). Neste modelo, as cadeias velhas (CV) serviriam de molde para a formação de cadeias novas (CN). No final do processo, porém, as moléculas formadas eram híbridas, ou seja, continham uma cadeia "velha" e uma "nova", e apenas uma cadeia antiga era conservada em cada uma das duas moléculas novas. Daí o nome, semiconservativa.

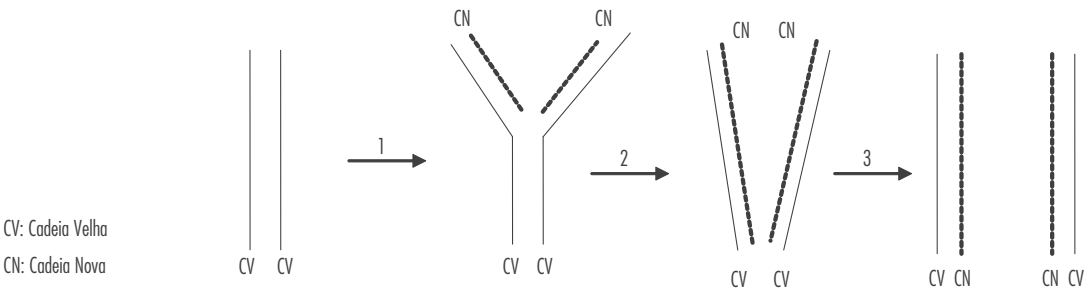


Figura 23.2: Modelo de duplicação do ADN – "Duplicação Semiconservativa"

Neste capítulo, serão apresentadas, de uma forma simplificada, as experiências realizadas por Meselson e Stahl, em 1958, cujos resultados confirmaram um dos modelos propostos.

A experiência de Meselson e Stahl

Meselson e Stahl trabalharam com bactérias por vários motivos que facilitavam a experiência. Entre esses motivos, destacam-se os seguintes: estes procariontes são facilmente cultiváveis em grandes quantidades, pois são capazes de reproduzir-se (duplicar-se) a cada 20 minutos. Além disso, algumas espécies de bactéria contém uma única molécula de ADN relativamente pequena. Por fim, como as bactérias não têm núcleo, é muito mais fácil purificar suas moléculas de ADN.

Você naturalmente já sabe que os átomos de elementos químicos podem existir sob formas ligeiramente diferentes. Esse é o caso, por exemplo, de elementos radioativos. Do ponto de vista dos seres vivos, átomos rdioativos e não radioativos de um mesmo elemento são iguais. Ou seja, as enzimas e organelas celulares não possuem qualquer mecanismo capaz de diferenciar as diferentes formas de um mesmo elemento químico.

A metodologia usada por Meselson e Stahl era relativamente simples, e se baseava na existência de dois isótopos do átomo de Nitrogênio, o ^{15}N, chamado de Nitrogênio "pesado", e o ^{14}N, ou Nitrogênio. Estes isótopos têm pesos evidentemente diferentes, mas, para as células são rigorosamente iguais.

É importante lembrar neste momento que os nucleotídeos do ADN contêm sempre átomos de Nitrogênio. Vamos aproveitar para relembrar alguns conceitos fundamentais de capítulos anteriores:

Atividade 1

Quais são os tipos de moléculas que compõem um nucleotídeo?

Atividade 2

Que moléculas são iguais em todos os nucleotídeos e quais os diferenciam?

Na experiência de Meselson e Stahl, as bactérias foram mantidas em culturas nas quais não existia o ^{14}N, apenas o ^{15}N, por várias gerações. É importante saber, antes de seguir adiante, que é tecnicamente possível separar moléculas de ADN contendo somente átomos de ^{15}N de outras contendo átomos de ^{14}N. Isto porque elas têm pesos bem diferentes, pois embora a diferença de peso entre cada um dos os "dois tipos" de Nitrogênio seja pequena, como o ADN possui milhares de átomos de Nitrogênio, o acúmulo de pequenas diferenças leva à formação de uma diferença total muito grande. Vamos relembrar mais alguns assuntos de capítulos anteriores:

Atividade 3

O que deverá ocorrer com o peso das proteínas, do amido e do ADN existentes nas bactérias cultivadas no meio descrito no parágrafo acima, depois que elas se multiplicarem na cultura por alguns dias? Explique.

Os detalhes da técnica que permite diferenciar moléculas formadas por cada um dos dois tipos de isótopos de N não são importantes. Resumidamente, porém, se você quiser saber (senão pule este parágrafo), as moléculas são colocadas em um tubo de ensaio contendo uma solução especial muito densa (espessa). Em seguida este tubo é centrifugado (girado) a grandes velocidades, fazendo com que as moléculas mais "pesadas" desçam em direção ao fundo e as mais "leves" fiquem mais próximas da superfície. Trata-se de um processo semelhante ao utilizado para separar as hemácias do plasma, já que estas células "vão" para o fundo do tubo após a centrifugação do sangue. Na verdade o processo está relacionado à densidade, e não exatamente ao peso das moléculas, mas, para simplificar a discussão, usaremos o termo "peso".

Somente para tornar os resultados do experimento mais claros, vamos estabelecer um valor arbitrário para o peso das diferentes cadeias de ADN.

Digamos que uma molécula composta por duas cadeias contendo apenas átomos de ^{15}N tem peso igual a 4 , e que uma molécula formada por duas cadeias contendo apenas átomos de ^{14}N tem peso igual a 2. Na prática a diferença de peso não é assim tão grande, já que nem o ADN é formado apenas por átomos de Nitrogênio, nem um isótopo tem o dobro do peso do outro.

O peso das moléculas de ADN das bactérias usadas por Mesehlson e Stahl no início do experimento era "peso" 4, já que só continham ^{15}N.

Meselson e Stahl colocaram então essas bactérias em uma cultura em que havia apenas ^{14}N, e nenhum ^{15}N. Após 20 minutos, ou seja, após cada bactéria se duplicar apenas uma vez, recolheram algumas delas, romperam-nas e avaliaram o "peso" das moléculas de ADN que elas continham. Antes de apresentar os resultados do experimento, vamos fazer algumas previsões.

Atividade 4

Qual deveria ser o peso das moléculas de ADN, após 20 minutos, se a duplicação fosse conservativa? (Explique sua resposta.)

Atividade 5

Repita o raciocínio, considerando outro modelo: Qual deveria ser o peso das moléculas de ADN, após 20 minutos, se a duplicação fosse semiconservativa (explique suas respostas).

Meselson e Stahl aguardaram mais 20 minutos e retiraram novamente algumas bactérias da cultura (ou seja, que tinham se duplicado duas vezes), repetindo o procedimento anterior.

Atividade 6

Responda aos mesmos itens das atividades 4 e 5, lembrando que agora se passaram 40 minutos do início do experimento.

Atividade 7

Faça o mesmo que em "6", considerando que se passaram várias horas.

Como você deve ter verificado, os resultados possíveis são bastante diferentes, dependendo do modelo considerado.

Após a realização do experimento de Meselson e Stahl, os resultados obtidos mostravam que, após 20 minutos, apenas moléculas de ADN com peso igual a 3 eram encontradas na cultura. No entanto, após quarenta minutos, algumas moléculas tinham peso igual a 3 e muitas outras tinham peso igual 2. Após várias horas, a maioria das moléculas tinha peso igual a dois, embora restassem aquelas com peso igual a três, cuja quantidade, no entanto, parecia não aumentar.

Atividade 8

Considerando estes resultados, discuta qual dos modelos parece ter sido confirmado.

Herbert Taylor, também em 1958, obteve resultados semelhantes aos de Meselson e Stahl, usando, em suas experiências, células da raiz de feijão e precursores radioativos. Em conjunto, os resultados dos dois grupos permitem concluir que o modelo proposto seria um modelo geral, válido para procariontes e eucariontes. Esta ideia foi reforçada ao longo dos anos, na medida em que resultados semelhantes foram obtidos posteriormente com vários outros tipos de células. Atualmente sabe-se que alguns detalhes são diferentes durante a duplicação do ADN de procariontes e eucariontes, mas que em todos os casos ela obedece ao modelo geral que acabamos de discutir.

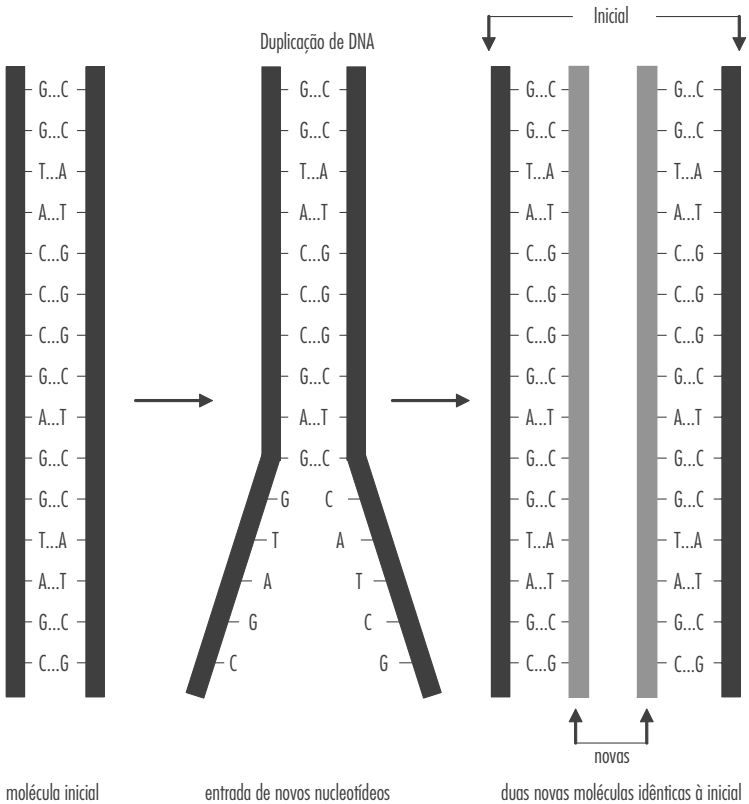
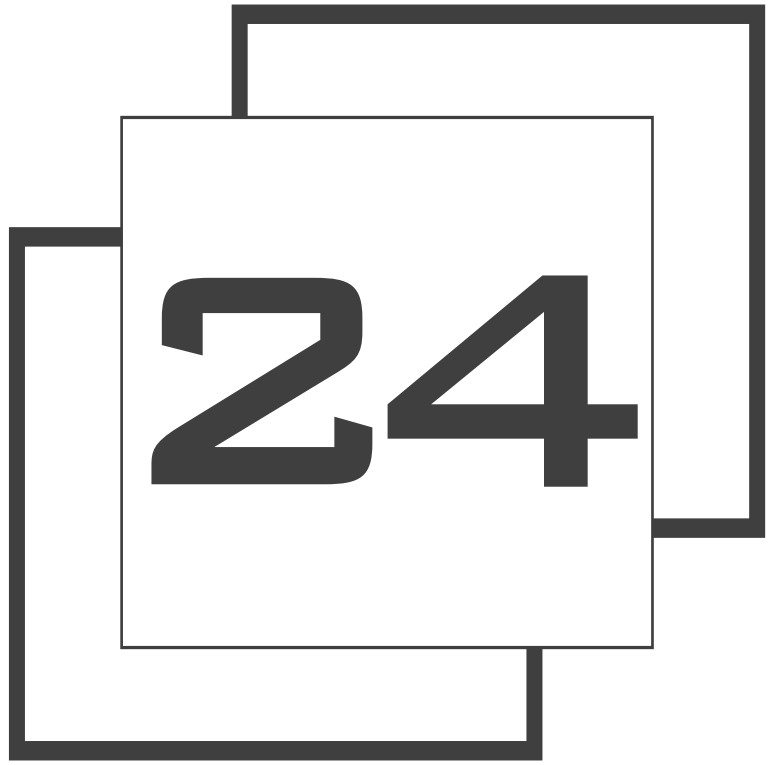


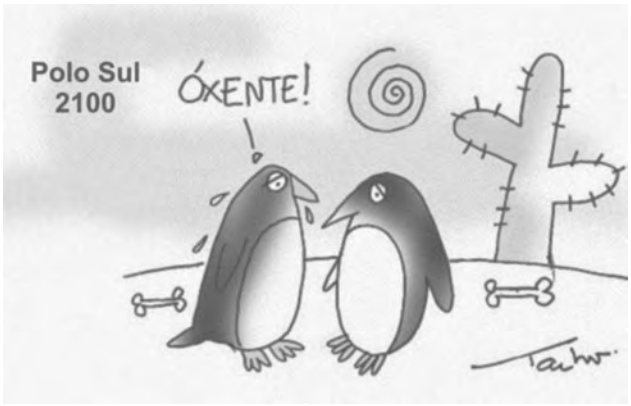
Figura 23.3: Esquema resumido da duplicação semiconservativa



24

Exercícios de revisão

1) (Enem / 2009)



Disponível em: http://clickdigitalsj.com.br (acesso em 09/07/2009)

Disponível em: http://conexaoambiental.zip.net/images/charge.jpg (acesso em 09/07/2009)

Reunindo-se as informações contidas nas duas charges, infere-se que:

(A) os regimes climáticos da Terra são desprovidos de padrões que os caracterizem.

(B) as intervenções humanas nas regiões polares são mais intensas que em outras partes do globo.

(C) o processo de aquecimento global será detido com a eliminação das queimadas.

(D) a destruição das florestas tropicais é uma das causas do aumento da temperatura em locais distantes como os polos.

(E) os parâmetros climáticos modificados pelo homem afetam todo o planeta, mas os processos naturais têm alcance regional.

2) (Enem / 2009) A fotossíntese é importante para a vida na Terra. Nos cloroplastos dos orgnanismos fotossintetizantes, a energia solar é convertida em energia química que, juntamente com água e gás carbônico (CO_2), é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos). A fotossíntese é o único processo de importância biológica capaz de realizar essa conversão. Todos os organismos, incluindo os produtores, aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares, liberando CO_2 para a atmosfera e água para a célula por meio da respiração celular. Além disso, grande fração dos recursos energéticos do planeta, produzidos tanto no presente (biomassa) como em tempos remotos (combustível fóssil), é resultante da atividade fotossintética.

As informações sobre obtenção e transformação dos recursos naturais por meio dos processos vitais de fotossíntese e respiração, descritas no texto, permitem concluir que:

(A) o CO_2 e a água são moléculas de alto teor energético.

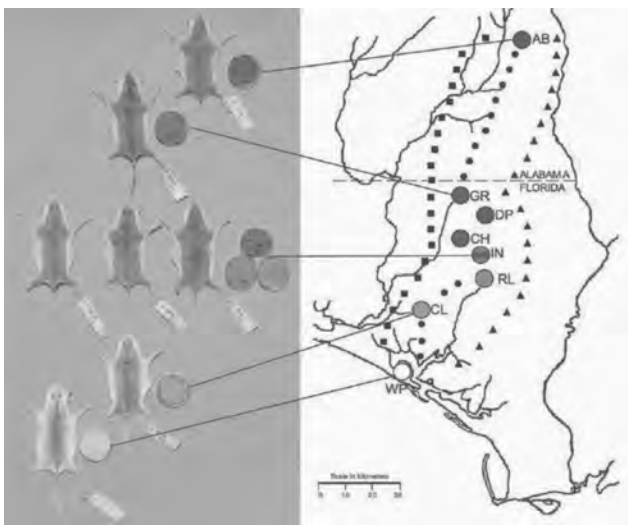
(B) os carboidratos convertem energia solar em energia química.

(C) a vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol.

(D) o processo respiratório é responsável pela retirada de carbono da atmosfera.

(E) a produção de biomassa e de combustível fóssil, por si, é responsável pelo aumento de CO_2 atmosférico.

3) (Enem / 2009) Os ratos *Peromyscus polionotus* encontram-se distribuídos em ampla região na América do Norte. A pelagem de ratos dessa espécie varia do marrom claro até o escuro, sendo que os ratos de uma mesma população têm coloração muito semelhante. Em geral, a coloração da pelagem também é muito parecida à cor do solo da região em que se encontram, que também apresenta a mesma variação de cor, distribuída ao longo de um gradiente sul-norte. Na figura, encontram-se representadas sete diferentes populações de *P. polionotus*. Cada população é representada pela pelagem do rato, por uma amostra de solo e por sua posição geográfica no mapa.



MULLEN, L. M.; HOEKSTRA, H. E. *Natural selection along an environmental gradient*: a classic cline in mouse pigmentation. Evolution, 2008.

O mecanismo evolutivo envolvido na associação entre cores de pelagem e de substrato é

(A) a alimentação, pois pigmentos de terra são absorvidos e alteram a cor da pelagem dos roedores.

(B) o fluxo gênico entre as diferentes populações, que mantém constante a grande diversidade interpopulacional.

(C) a seleção natural, que, nesse caso, poderia ser entendida como a sobrevivência diferenciada de indivíduos com características distintas.

(D) a mutação genética, que, em certos ambientes, como os de solo mais escuro, têm maior ocorrência e capacidade de alterar significativamente a cor da pelagem dos animais.

(E) a herança de caracteres adquiridos, capacidade de organismos se adaptarem a diferentes ambientes e transmitirem suas características genéticas aos descendentes.

4) (COC Enem / 2004) *A seleção sexual não depende da luta pela existência como a seleção natural, mas sim da luta travada pelos machos visando à posse das fêmeas. Para o derrotado, a consequência não é a morte, mas sim a redução parcial ou total de seus descendentes. Por conseguinte, a seleção sexual é menos rigorosa que a seleção natural. De maneira geral, os machos mais vigorosos, que apresentam maior poder de adaptação ao lugar que ocupam na natureza, deixam maior número de descendentes. Em muitos casos, porém, a vitória irá depender não do vigor em geral, mas do fato de se possuírem determinadas armas especiais, exclusivas do sexo, como por exemplo os chifres dos veados e as esporas dos galos. Um veado sem chifre ou um galo sem esporas teriam pouca possibilidade de deixar descendência.*

(*A Origem das Espécies* de Charles Darwin)

Baseado na leitura e interpretação do texto de Darwin, podemos afirmar que:

(A) a seleção natural e a seleção sexual são mecanismos idênticos que os seres vivos utilizam na luta pela sobrevivência.

(B) no mecanismo da seleção sexual, para o derrotado, a morte é inevitável.

(C) os chifres dos veados e as esporas dos galos são essenciais para sua sobrevivência.

(D) a seleção sexual é mais vigorosa que a seleção natural, determinando a sobrevivência dos mais fortes ou vigorosos.

(E) de modo geral os machos mais vigorosos e com caracteres especiais típicos do sexo são aqueles que deixam maior número de descendentes.

5) (COC Enem / 2004) O que têm em comum Noel Rosa, Castro Alves, Franz Kafka, Álvares de Azevedo, José de Alencar e Frédéric Chopin?

Todos eles morreram de tuberculose, doença que ao longo dos séculos fez mais de 100 milhões de vítimas. Aparentemente controlada durante algumas décadas, a tuberculose voltou a matar. O principal obstáculo para seu controle é o aumento do número de linhagens de bactérias resistentes aos antibióticos usados para combatê-la. Esse aumento do número de linhagens resistentes se deve a

(A) modificações no metabolismo das bactérias, para neutralizar o efeito dos antibióticos e incorporá-los à sua nutrição.

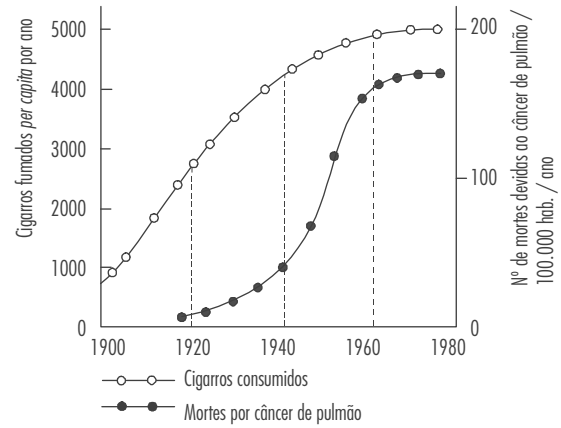
(B) mutações selecionadas pelos antibióticos, que eliminam as bactérias sensíveis a eles, mas permitem que as resistentes se multipliquem.

(C) mutações causadas pelos antibióticos, para que as bactérias se adaptem e transmitam essa adaptação a seus descendentes.

(D) modificações fisiológicas nas bactérias, para torná-las cada vez mais fortes e mais agressivas no desenvolvimento da doença.

(E) modificações na sensibilidade das bactérias, ocorridas depois de passarem um longo tempo sem contato com antibióticos.

6) (UFRJ / 1999) O gráfico a seguir apresenta duas curvas que sugerem uma relação de causa e efeito entre o hábito de fumar e o câncer de pulmão: uma delas estuda o número de cigarros consumidos por ano, por indivíduo, e a outra reflete o número de mortes devido a câncer de pulmão por 100.000 habitantes, por ano.



a) Faça uma análise comparativa das duas curvas, no período 1920 – 1960, que justifique essa relação de causa e efeito.

b) Faça o mesmo tipo de análise para o período 1960 – 1980.

7) (CEDERJ)

Operação Lei Seca reduz em 23,6% nº de acidentes no Rio

O número de acidentes de trânsito no Rio de Janeiro caiu 23,6% após o início da Operação Lei Seca, iniciada em março pelo governo do Estado. De acordo com a Secretaria de Estado de Saúde e Defesa Civil, ocorreram 1.423 acidentes em abril. No mesmo período, no ano passado, foram registrados 1.862 acidentes.

Ainda de acordo com a secretaria, houve também uma redução no número de motoristas alcoolizados em 14% das colisões e quedas de motos e de 10% nos atropelamentos. Em 2008, 2.500 pessoas morreram em acidentes de trânsito e 30 mil ficaram feridas no Rio.

O aparelho, apelidado pela população de "bafômetro", pode determinar a concentração de álcool no sangue do motorista pela composição do ar expirado. Para isso, o motorista deve soprar por um tubo ligado ao aparelho, e pelo resultado apresentado, o policial poderá saber se ele está dentro dos limites permitidos pela lei.

É possível identificar a presença de álcool no sangue a partir do ar expirado porque quando o motorista sopra no "bafômetro"

(A) o esforço do sopro força a passagem do álcool do sangue para os pulmões contra o gradiente de concentração.

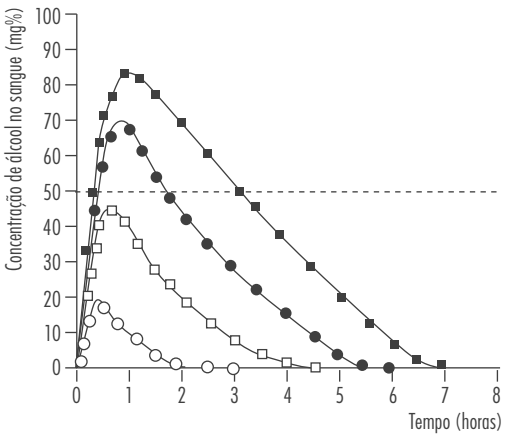
(B) o esforço do sopro faz com que o álcool que está retido na mucosa bucal evapore e passe para o bafômetro.

(C) o álcool concentrado no sangue, por ser volátil, passa por difusão para os alvéolos e é eliminado pelo ar expirado.

(D) o álcool desloca-se ativamente do local onde está mais concentrado para o meio de menor concentração, saindo pelo ar expirado.

(E) o álcool presente no sangue aumenta a circulação periférica provocando sua evaporação por todos os poros do corpo.

8) (Enem / 2009) Analise a figura.



Disponível em: http//www.alcoologia.net. Acesso em: 15 jul. 2009 (adaptado).

Supondo que seja necessário dar um título para essa figura, a alternativa que melhor traduziria o processo representado seria:

(A) Concentração média de álcool no sangue ao longo do dia.

(B) Variação da frequência da ingestão de álcool ao longo das horas.

(C) Concentração mínima de álcool no sangue a partir de diferentes dosagens.

(D) Estimativa de tempo necessário para metabolizar diferentes quantidades de álcool.

(E) Representação gráfica da distribuição de frequência de álcool em determinada hora do dia.

9) (Enem / 2006) Em certas localidades ao longo do rio Amazonas, são encontradas populações de determinada espécie de lagarto que se reproduzem por partenogênese. Essas populações são constituídas, exclusivamente, por fêmeas. Isso se deve a mutações que ocorrem ao acaso nas populações bissexuais. Avalie as afirmações seguintes, relativas a esse processo de reprodução.

I - Na partenogênese, as fêmeas dão origem apenas a fêmeas, enquanto, nas populações bissexuadas, cerca de 50% dos filhotes são fêmeas.

II - Se uma população bissexuada se mistura com uma que se reproduz por partenogênese, esta última desaparece.

III - Na partenogênese, um número x de fêmeas é capaz de produzir o dobro do número de descendentes de uma população bissexuada de x indivíduos, uma vez que, nesta, só a fêmea põe ovos.

É correto o que se afirma:

(A) apenas em I.

(B) apenas em II.

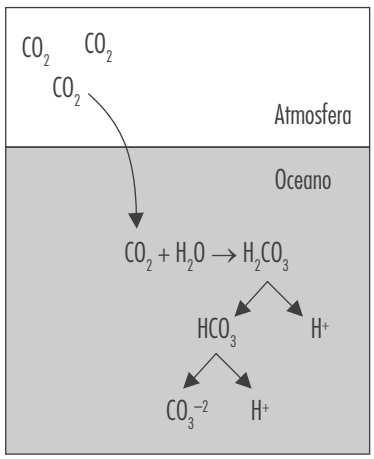
(C) apenas em I e III.

(D) apenas em II e III.

(E) em I, II e III.

Use as informações da figura a seguir para responder às questões 10 e 11.

Grandes mudanças climáticas poderão ocorrer em consequência de atividades humanas, em especial das grandes indústrias e da agropecuária. Essas alterações ocorrem fundamentalmente devido ao superaquecimento global (ou efeito estufa). As consequências das mudanças atmosféricas sobre os oceanos também poderão ser drásticas, reduzindo a diversidade e a quantidade de seres vivos marinhos. Essa redução deverá se dar de diversas maneiras, desde alterações na salinidade, redução de ambientes costeiros importantes para a reprodução da vida marina (como os manguezais, por exemplo) até alterações nas características bioquímicas da água do mar (veja a figura abaixo).



10) Em consequência das mudanças atmosféricas, o pH dos oceanos deverá:

(A) se acidificar

(B) se alcalinizar

(C) tornar-se neutro

(D) ter seu valor aumentado

(E) permanecer inalterado.

11) Dentre as medidas que poderiam reduzir as mudanças bioquímicas das águas dos oceanos, podemos destacar:

(A) A redução da emissão de gás metano gerado pelo gado para a atmosfera.

(B) A redução da pesca de espécies de peixes situadas nos níveis tróficos mais elevados das teias alimentares marinhas.

(C) O aumento da fotossíntese terrestre, por meio da redução de queimadas e da ampliação do reflorestamento.

(D) O aumento das emissões de gases estufa.

(E) O aumento no consumo de combustíveis fósseis, como o carvão, o petróleo e o gás natural.

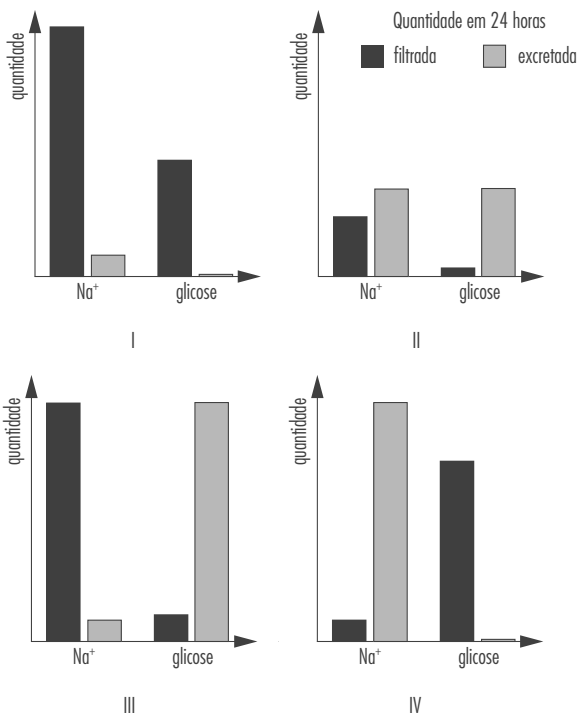
12) A *Rana catesbeiana* (rã-touro-gigante) foi introduzida no Brasil no ano de 1935 através da importação de exemplares vindos dos Estados Unidos. Seu cultivo despertou grande interesse econômico, devido à sua carne ser muita apreciada, às possibilidades de uso de seu couro, aos baixos custos de implantação de ranários, à grande quantidade de ovos que produzem, à sua resistência a muitas doenças e ao seu tempo curto de amadurecimento e crescimento. Essa espécie é hoje

considerada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) como uma espécie invasora, pois se suspeita que possa reduzir drasticamente populações de anfíbios nativos, levando-os até mesmo à extinção.

a) Identifique duas características da *Rana catesbeiana* que podem contribuir para a extinção de espécies nativas. Justifique suas escolhas.

b) Identifique as excretas nitrogenadas que devem ser produzidas por larvas e adultos de *Rana catesbeiana.* Justifique suas escolhas.

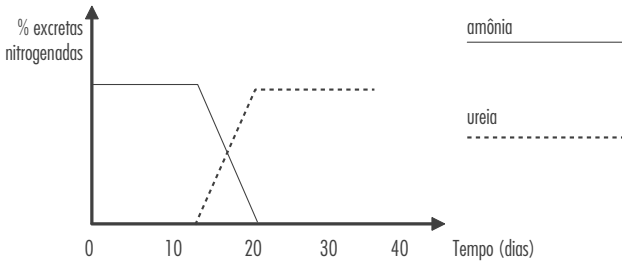
13) (UERJ / 2007) Os glomérulos renais filtram o sangue de tal forma que células e solutos de alto peso molecular são retidos, enquanto os de baixo peso molecular vão compor a solução denominada filtrado glomerular. Ao passar pelos túbulos renais, vários componentes desse filtrado serão reabsorvidos, enquanto outras substâncias serão nele secretadas, formando a urina. Observe os gráficos abaixo.



Em um indivíduo normal, as quantidades de Na^+ e de glicose filtradas pelos glomérulos, e as quantidades dessas mesmas substâncias excretadas na urina, em um período de 24 horas, estão representadas no gráfico de número:

(A) I
(B) II
(C) III
(D) IV

14) O gráfico abaixo expressa o teor relativo de excretas nitrogenadas eliminadas ao longo da vida de certos anfíbios anuros (rãs, sapos etc.).



a) Explique os resultados do gráfico.

b) Em que momento aproximado deve estar se completando a metamorfose deste anuro? Jusitifique.

15) A tabela abaixo mostra o teor de amônia e o volume diário da urina de três animais. Determine, a partir destes dados, qual deles deve ser aquático e qual deles deve habitar um deserto. Justifique.

	animal A	**animal B**	**animal C**
teor de amônia	80%	0,1%	0,05%
volume de urina/dia	500 ml	200 ml	5 ml

16) Três amostras de urina humana foram analisadas e revelaram a seguinte composição:

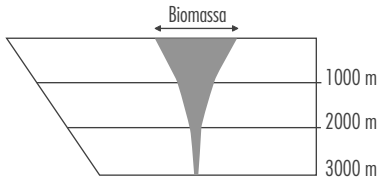
Amostra 1	**Amostra 2**	**Amostra 3**
Ureia	Ácido úrico	Proteínas
Ácido Úrico	Glicose	Ureia
Água	Água	Agua
Cloreto de Sódio	Cloreto de Sódio	Glicose

Qual(is) amostra(s) pode(m) pertencer a um indivíduo normal? Justifique.

17) No rim dos vertebrados a unidade excretora é formada pela cápsula de Bowman em contato com um novelo de capilares chamado glomérulo, como mostrado na figura 18.2. Nessa estrutura a água dos capilares é absorvida e vai formar a urina. Existem dois tipos de peixes ósseos: um deles possui rim com glomérulos grandes e o outro apresenta rim com glomérulos pequenos ou sem glomérulos.

Com base nas relações osmóticas desses animais em seu ambiente, identifique o peixe de água doce e o peixe marinho. Justifique sua resposta.

18) (UFRJ 2006, adaptada)A biomassa pode ser definida como "a quantidade de matéria presente nos seres vivos de todos os tipos". A figura a seguir mostra a distribuição da biomassa marinha em função da profundidade.



É correto afirmar que:

(A) A biomassa diminui à medida que aumenta a profundidade porque a concentração de Oxigênio aumenta.

(B) A biomassa aumenta à medida que aumenta a profundidade porque a concentração de Oxigênio aumenta.

(C) A biomassa diminui à medida que aumenta a profundidade porque a pressão diminui.

(D) A biomassa aumenta à medida que aumenta a profundidade porque a menor quantidade de luz reduz a fotossíntese.

(E) A biomassa diminui à medida que aumenta a profundidade porque a menor quantidade de luz reduz a fotossíntese.

19) (Enem / 2010) Alguns anfíbios e répteis são adaptados à vida subterrânea. Nessa situação, apresentam algumas características corporais, por exemplo, ausência de patas, corpo anelado que facilita o deslocamento no subsolo e, em alguns casos, ausências de olhos.

Suponha que um biólogo tentasse explicar a origem das adaptações mencionadas no texto utilizando conceitos da teoria evolutiva de Lamarck. Ao adotar esse ponto de vista, ele diria que:

(A) as características citadas no texto foram originadas pela seleção natural.

(B) a ausência de olhos teria sido causada pela falta de uso dos mesmos, segundo a lei do uso e desuso.

(C) o corpo anelado é uma característica fortemente adaptativa, mas seria transmitida apenas à primeira geração de descendentes.

(D) as patas teriam sido perdidas pela falta de uso e, em seguida, essa característica foi incorporada ao patrimônio genético e então transmitida aos descendentes.

(E) as características citadas no texto foram adquiridas por meio de mutações e depois, ao longo do tempo, foram selecionadas por serem mais adaptadas ao ambiente em que os organismos se encontram.

20) (Enem / 2010) *O uso prolongado de lentes de contato, sobretudo durante a noite, aliado a condições precárias de higiene representam fatores de risco para o aparecimento de uma infecção denominada ceratite microbiana, que causa ulceração inflamatória da córnea. Para interromper o processo da doença, é necessário tratamento antibiótico. De modo geral, os fatores de risco provocam a diminuição da oxigenação corneana e determinam mudanças no seu metabolismo, de um estado aeróbico para anaeróbico. Como decorrência, observa-se a diminuição no número e na velocidade de mitoses do epitélio, o que predispõe ao aparecimento de defeitos epiteliais e à invasão bacteriana.*

CRESTA, F. Lente de contato e infecção ocuar. *Revista Sinopse de Oftalmologia.* São Paulo: Moreira Jr., v. 04, 2002. (adaptado)

A instalação de bactérias e o avanço do processo infeccioso na córnea estão relacionados a algumas características gerais desses microrganismos, tais como:

(A) A grande capacidade de adaptação, considerando as constantes mudanças no ambiente em que se reproduzem e o processo aeróbico como a melhor opção desses microrganismos para a obtenção de energia.

(B) A grande capacidade de sofrer mutações, aumentando a probabilidade do aparecimento de formas resistentes e o processo anaeróbico da fermentação como a principal via de obtenção de energia.

(C) A diversidade morfológica entre as bactérias, aumentando a variendade de tipos de agentes infecciosos e a nutrição heterotrófica, como forma de esses microrganismos obterem matéria-prima e energia.

(D) O alto poder de reprodução, aumentando a variabilidade genética dos milhares de indivíduos e a nutrição heterotrófica, como única forma de obtenção de matéria-prima e energia desses microrganismos.

(E) O alto poder de reprodução, originando milhares de descendentes geneticamente idênticos entre si e a diversidade metabólica, considerando processos aeróbicos e anaeróbicos para a obtenção de energia.

Anotações

Pré-Vestibular Social

Rua da Ajuda, nº 5, 16º andar – Centro – CEP: 20040-000 – Rio de Janeiro – RJ
Site: www.pvs.cederj.edu.br